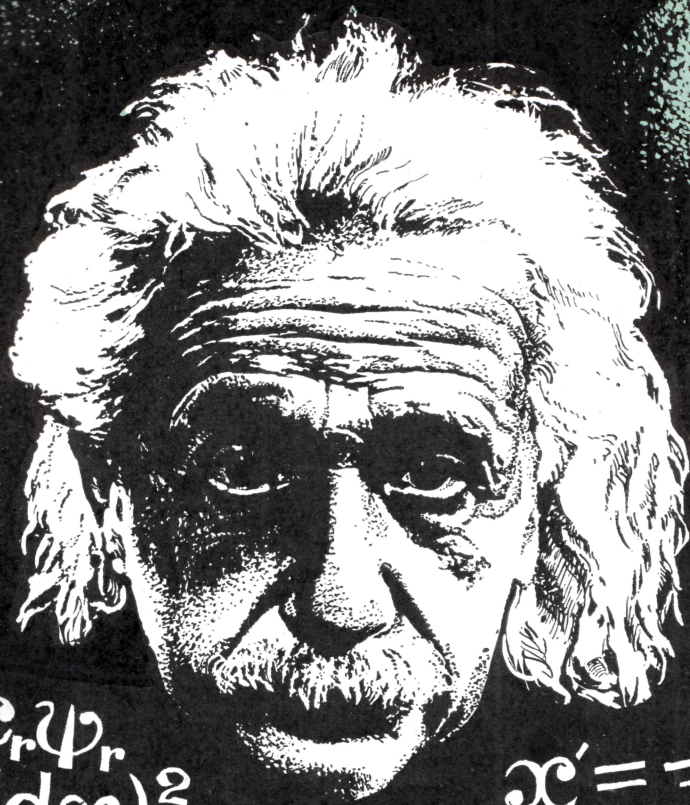




$$\psi = \sum c_r \psi_r$$

$$ds^2 = \sum (dx)^2$$

тяжести)

$$E = mc^2; M_k = mc^2 / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}; W = \frac{v}{1 + \dots}$$

$$t_{\text{лор.}} = \frac{t - (v/c^2)x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, E = \dots$$

$$x - vt \quad ds^2 = da \dots$$

$$x'_{\text{лор.}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}, r' = \dots$$

$$mc^2$$

2¹⁹⁷⁹ ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·

Лауреаты золотой медали имени М. В. Ломоносова 1978 года

Президиум Академии наук СССР присудил золотые медали имени М. В. Ломоносова за 1978 год академику А. П. Александрову за выдающиеся достижения в области атомной науки и техники и профессору А. Тодду (Великобритания) за выдающиеся достижения в области органической химии. Золотые медали имени М. В. Ломоносова являются высшей наградой Академии наук СССР и присуждаются ежегодно (одна — советским, одна — иностранным ученым) за выдающиеся достижения в области естественных наук.

Академик Анатолий Петрович Александров — президент Академии наук СССР, крупнейший организатор советской науки, трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий СССР.

Академик А. П. Александров широко известен своими исследованиями в ряде областей современной физики и техники.

Профессор А. Тодд — президент Королевского общества Великобритании, лауреат Нобелевской премии 1957 года, крупнейший химик-органик, основоположник ряда разделов химии природных соединений и биоорганической химии.

Профессор А. Тодд выступает за развитие международного сотрудничества, неоднократно бывал в СССР.

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

2 МАРТ АПРЕЛЬ 1979

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

Б. Н. Петров — Космонавтика и научно-технический прогресс	4
Я. Б. Зельдович — Творчество Эйнштейна и астрономия	10
В. Н. Руденко — Спутник движется по геодезической	20
Н. С. Лидоренко, М. М. Колтун — Спутники — преобразователи солнечной энергии	27
Ю. Л. Трутце, Н. Ф. Еланский, И. Я. Складенко — Озон и загрязнение стратосферы	32
Х. П. Погосян — Атмосферные объекты и погода	36
Г. С. Голицын — Плутон и его спутник	40
А. С. Смирнов — Межзвездный ветер в окрестности Солнца	42

ЛЮДИ НАУКИ

В. В. Рычков — Петр Людовикович Драверт	49
---	----

СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ

Петр Людовикович Драверт	52
------------------------------------	----

КОСМОНАВТИКА ЗА РУБЕЖОМ

С. А. Хлеманов — Космические исследования в Индии	54
---	----

ЭКСПЕДИЦИИ

Г. И. Рейснер — Геологи обследуют землетрясение	59
---	----

НАУЧНЫЕ ОБЩЕСТВА

Л. И. Сенчур — Географическое общество СССР	63
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

В. М. Шувалов — Часовой механизм для самодельного телескопа	68
---	----

ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ

И. И. Неяченко — Волосы Вероники	70
--	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

М. Ф. Ребров — «Трудные дороги космоса»	73
---	----

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	74, 75
---------------------------------------	--------

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Новые достижения советской космонавтики [2]; Совещаются исследователи космоса [8]; Связной спутник Европейского космического агентства [9]; Черная дыра в созвездии Скорпиона! [25]; Ударная волна в системе У 861 Скорпиона! [25]; Барстеры и рентгеновские пульсары [25]; Маскон на Марсе [26]; Геркулина и ее спутник [26]; Расслоение в экваториальной ионосфере [35]; Зоны накопления нефти и газа [35]; Загадочный Тритон [47]; Магнитные аномалии и вращение Луны [48]; 60-й и 61-й рейсы «Гломара Челленджера» [62]; Наблюдения метеоров в Чехословакии [71]; Наблюдения лунного затмения [72]; Статьи и заметки о советских пилотируемых космических полетах и подготовке космонавтов, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1978 годах [78]; Новые книги [79, 80].

Новые достижения

Исследования Венеры

ПОЛЕТ «ВЕНЕРЫ-12»

Автоматическая станция «Венера-12» была запущена 14 сентября 1978 года. В ходе полета по межпланетной траектории с помощью приборов, установленных на борту автоматической станции, проводились научные исследования физических процессов, протекающих в космическом пространстве. В частности, продолжалось выполнение советско-французской программы по изучению гамма-всплесков солнечного и галактического происхождения. Научная информация и данные о работе систем и аппаратуры станции регулярно передавались на Землю. В соответствии с программой полета, 21 сентября и 14 декабря были осуществлены коррекции траектории движения станции.

19 декабря, за двое суток до входа в атмосферу Венеры, от станции отделился спускаемый аппарат, а станция была переведена на пролетную траекторию, проходящую вблизи планеты.

21 декабря 1978 года межпланетная станция «Венера-12», преодолев за 98 суток полета расстояние более 240 млн. км, достигла окрестности планеты.

Спускаемый аппарат вошел в атмосферу Венеры со скоростью 11,2 км/с. После аэродинамического торможения в атмосфере и снижения на парашюте до высоты 40 км аппарат продолжал спуск с использованием тормозного устройства.

Во время спуска аппарата, с высоты 62 км до поверхности планеты, с помощью установленных на борту научных приборов проводились эксперименты по тонкому химическому анализу состава атмосферы и облаков, спектральному анализу рассеянного в атмосфере солнечного излучения, изучению электрических разрядов в атмосфере планеты.

Спускаемый аппарат станции в 6 часов 30 минут московского времени совершил мягкую посадку и в течение 110 минут передавал научную информацию с поверхности планеты.

Автоматическая станция «Венера-12» прошла на расстоянии 35 тыс. км от планеты Венера и продолжает полет в космическом пространстве.

На борту станции «Венера-12» установлен выпел с барельефом Владимира Ильича Ленина, а на спускаемом аппарате — государственный знак с изображением Герба Союза Советских Социалистических Республик.

ПОЛЕТ «ВЕНЕРЫ-11»

Автоматическая станция «Венера-11», аналогичная по конструкции и назначению станции «Венера-12», была выведена на межпланетную траекторию 9 сентября 1978 года.

В ходе полета по межпланетной трассе с автоматической станцией «Венера-11» регулярно проводились сеансы радиосвязи, во время которых осуществлялось управление станцией, контролировалось состояние бортовых систем, измерялись параметры траектории движения, проводились научные исследования физических процессов, протекающих в космическом пространстве. Научная информация и данные о работе систем и аппаратуры станции регулярно передавались на Землю. 16 сентября и 17 декабря были проведены коррекции траектории движения станции.

23 декабря от станции отделился спускаемый аппарат с научной аппаратурой на борту, а станция «Венера-11» была переведена на пролетную траекторию, проходящую на расстоянии 35 тыс. км от поверхности планеты.

25 декабря 1978 года автоматическая межпланетная станция «Венера-11» достигла окрестности планеты Венера. Спускаемый аппарат автоматической станции в 6 часов 24 минуты московского времени совершил мягкую посадку на поверхность планеты на расстоянии около 800 км от места посадки спускаемого аппарата станции «Венера-12».

Во время спуска аппарата и на поверхности планеты проводились комплексные исследова-

СОВЕТСКОЙ КОСМОНАВТИКИ



ния по программе, аналогичной программе исследований спускаемого аппарата станции «Венера-12».

Научно-технические эксперименты и исследования на поверхности Венеры проводились при температуре окружающей среды 446°C и давлении 88 атм в течение 95 минут.

Информация со спускаемого аппарата принималась автоматической межпланетной станцией «Венера-11», пролетавшей вблизи планеты, и ретранслировалась станцией на Землю. После ухода из зоны радиовидимости и завершения приема информации со спускаемого аппарата «Венера-11» продолжает движение по гелиоцентрической орбите.

Государственный знак с изображением Герба Союза Советских Социалистических Республик и вымпел с барельефом Владимира Ильича Ленина, установленные на межпланетной станции «Венера-12»

Фотохроника ТАСС

На борту автоматической станции «Венера-11» установлен вымпел с барельефом Владимира Ильича Ленина. На спускаемом аппарате установлен государственный знак с изображением Герба Союза Советских Социалистических Республик.

В ходе дальнейшего полета двух автоматических межпланетных станций «Венера-11» и «Венера-12» планируется продолжение научных измерений и исследований, начатых на межпланетной трассе Земля — Венера.

Большой объем научной информации, полученной автоматическими станциями «Венера-11» и «Венера-12», обрабатывается и изучается в институтах Академии наук СССР.

Результаты полета двух советских межпланетных станций, осуществивших практически одновременные научные измерения в атмосфере и на поверхности Венеры в разных районах, существенно расширят знания о природе планеты, явятся достойным вкладом в науку о Вселенной.

Космонавтика и научно-технический прогресс

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

За годы космической эры ракетно-космическая техника и наука о космосе прошли огромный путь. Найдены принципиально новые инженерные решения, созданы различные классы ракет-носителей и космических аппаратов — спутников, пилотируемых и беспилотных космических кораблей, орбитальных станций, межпланетных автоматических станций, осуществлено немало выдающихся полетов и уникальных экспериментов, родились новые направления науки.

Космические исследования привели к развитию новых направлений естественных наук. Яркий пример — становление и быстрое развитие внеатмосферной астрономии («Земля и Вселенная», № 5, 1977, с. 29—32.—Ред.). Благодаря тому, что космическая техника позволила вынести научные приборы за пределы земной атмосферы, открылась возможность изучения Солнца, звезд, галактик и внегалактических источников в коротковолновом диапазоне электромагнитных излучений — ультрафиолетовом, рентгеновском и гамма-диапазонах, которые недоступны для наземных обсерваторий, так как полностью поглощаются земной атмосферой. Коротковолновые излучения несут огромную информацию о процессах, протекающих на различных космических телах.

Интенсивно развиваются и другие рожденные космическими исследованиями направления естественных наук — космическая биология и медицина, космическое землеведение, космическая метеорология, космическая геодезия и др.

Создание ракетно-космической техники привело к существенному прогрессу технических наук. Появились совершенно новые направления: **механика космического полета, теория ракетных двигателей, теория управления летательными аппаратами, космическая радиоэлектроника.** В развитии космической

Успехи науки о космосе и ракетно-космической техники неразрывно связаны с научно-техническим прогрессом на Земле. Эта связь проявляется в различных аспектах — научном, техническом, социальном.

техники можно найти много ярких примеров диалектического взаимодействия теории и практики. Трудные задачи создания ракетно-космических систем и их элементов рождали новые теоретические направления, новые методы расчета, требовали использования

и значительного усовершенствования математического аппарата. В свою очередь, теоретические обобщения, новые концепции и методы проектирования позволяли создавать принципиально новые технические системы.

Развитие ракетно-космической техники не имеет прецедента ни по темпам и срокам создания сложнейших комплексов, ни по количеству и многообразию разработанных типов ракетно-космических систем и входящих в них устройств.

Проблемы ракетостроения — совершенно новые инженерные проблемы, которых просто не существовало каких-нибудь 40—50 лет назад. Путь, который прошла эта область техники, нуждается в глубоком исследовании, а некоторые проблемы, связанные с созданием технических средств ракетной техники, за этот короткий срок изменили свое содержание и требуют нового подхода для их разрешения.

Например, выбор числа ступеней ракеты-носителя. Хорошо известно еще со времен К. Э. Циолковского и других основоположников космонавтики, что чем больше ступеней у ракеты, тем больший полезный груз можно вывести на орбиту при одной и той же стартовой массе ракеты-носителя. Правда, с увеличением числа ступеней эта выгода от каждой новой ступени относительно уменьшается. Развивалась ракетная техника, увеличивалось число ступеней ракет-носителей. Вначале была создана одноступенчатая ракета, затем двух-, трех- и четырехступенчатые. Современная японская твердотопливная ракета, выводящая на орбиту искусственные спутники Земли, — че-



тырехступенчатая. В то же время в США разрабатываются и уже проходят испытания мощные, многоразовые ракетно-космические аппараты, которые имеют всего две ступени, американские специалисты работают и над созданием одноступенчатого «космического паром». В чем же дело? Конечно, не в том, что формулы, определяющие эффективность многоступенчатых ракет, были неправильные или многоступенчатые ракеты не дают выигрыша в полезном весе. Все дело в том, что изменяются критерии, на основе которых строится ракетно-космический аппарат. Решающим остается вопрос, что важнее: вывести на орбиту лишние сто — двести килограммов или даже несколько тонн или обеспечить простоту эксплуатации, надежность и экономичность системы, последовательно выводящей на орбиту в течение определенного времени — года, двух, пяти лет — необходимое количество полезного груза.

Пересмотр критериев, на основе которых принимаются многие решения, характерен для современного этапа развития ракетно-космической техники. Здесь особенно продуктивен **системный подход**, когда оценивается вся совокупность фактов, обеспечивающих высокую эффективность, экономичность и надежность использования и эксплуатации различных космических объектов и целых комплексов.

Можно привести примеры многих удачных технических решений, найденных в первые годы развития практической космонавтики, которые прошли проверку временем и используются поныне. Это — схема параллельно-последовательного деления ступеней ракет-носителей, выводящих на орбиту космические корабли «Восток», «Восход», «Союз», схема опор на стартовом столе тех же ракет-носителей, отводящихся под действием противовесов при подъеме ракеты, и др.

Двигательные системы. Здесь также много дискуссионных вопросов, решение которых зависит от уровня развития техники, наличия

необходимых материалов и поставленных задач. К ним относятся определение при заданной суммарной мощности числа отдельных двигателей и числа сопел каждого двигателя, выбор оптимального режима и запаса по отношению к максимально допустимому, выбор вида топлива, в частности, выбор высококипящих или низкокипящих компонентов с учетом их преимуществ и недостатков. Все расширяющееся применение водорода требует пересмотра многих технических решений и стимулирует создание новых материалов. Существенным этапом в развитии космической энергетики будет применение ионных и плазменных двигателей и бортовых ядерных реакторов.

Новые материалы. Прогресс ракетно-космической техники привел к созданию новых материалов со свойствами, в которых ранее не было необходимости. В частности, потребовались материалы, предназначенные для работы как при чрезвычайно высоких, так и при сверхнизких температурах. Исключительные требования предъявляются к их прочности и эксплуатационным характеристикам. Возникла необходимость использовать титан, бериллий, композитные и керамические материалы. Потребовалось создать сверхчистые материалы, которые обеспечивают высокую надежность работы элементов микроэлектроники и полупроводниковой техники.

Созданные для нужд космической техники материалы и элементы с успехом используют и в других областях техники, обеспечивая тем самым предпосылки для быстрого прогресса этих областей.

В проблеме управления особенно остро стоял вопрос о создании высокоэффективных работающих на разных режимах средств управления, основанных на новейших достижениях электроники и микроэлектроники. В связи с развитием космической техники открылись новые направления в области теории управления, появился класс весьма эффективных адаптивных и самонастраивающихся систем, систем с переменной структурой, родились терминальные системы, разработана их теория. Терминальные системы требуют высококачественного регулирования и управления не в течение всего процесса, а лишь в определенный момент времени или в определенной точке пространства — во время посадки, стыковки космических аппаратов, когда скорость надо снизить до минимума и обеспечить плавный, мягкий подход космических кораблей одного к другому или к месту посадки. Особенно интенсивно развивалась математическая тео-

рия таких систем, в частности, систем дискретного типа, применительно к задаче рационального расходования топлива при работе летательных аппаратов. Проблема экономного, оптимального расходования топлива возникает при решении любых задач космической техники, идет ли речь о выводе на орбиту космического аппарата или о маневрировании на орбите, коррекции траектории, стабилизации или процессе стыковки.

Бортовые вычислительные машины и системы. По существу развитие микроэлектроники было стимулировано задачами космической техники. Появились требования, которые не ставились ранее ни в каких других областях современной техники. Так, например, развитие бортовых систем поставило перед их создателями — конструкторами и учеными — проблему обеспечения высокой надежности систем, построенных из элементов ограниченной, иногда невысокой надежности. Другими словами, возникла задача создания надежных систем из малонадежных элементов. Лет 30 или 50 назад такая задача могла бы вызвать только улыбку. Однако жизнь заставила решить такие задачи и появились эффективные системы, обладающие высокой надежностью. Разработаны принципы дублирования и троирования элементов и узлов, а иногда и целых систем. Широкое применение получил принцип «голосования», при котором сигнал считается достоверным, если совпадают сигналы на выходе двух цепей из трех или трех из пяти.

Однако, если подходить диалектически, то и здесь мы должны оценить, долговечен ли этот путь и во всех ли случаях он должен применяться. Жизнь требует повышения надежности самих элементов и первичных цепей. Существенный прогресс намечается в связи с развитием микроэлектроники. Надежность твердотельных элементов — больших интегральных схем, выполненных на одном кристалле, существенно выше, чем надежность ана-

логических схем, созданных из отдельных полупроводниковых элементов.

Большие перспективы сулит развитие функциональных методов повышения надежности. Сейчас появляются идеи, связанные с созданием высоконадежных цепей вычислительных машин. Существующие ЭВМ строятся на основе двоичного исчисления, а их логические цепи — на основе алгебры Буля и ее дальнейшего развития. Новые пути для построения вычислительных машин и их сетей открывает использование самокорректирующихся кодов. Это позволит в будущем избежать дублирования и троирования цепей и затрат времени на периодическую проверку их исправности. Думаю, что не ошибусь, если скажу, что с развитием техники удельный вес дублирования и троирования систем будет уменьшаться и для многих задач удастся обойтись без него, а значит, избежать связанного с ним утяжеления систем. Этот путь останется лишь для особо ответственных случаев, когда нужно будет применять дублирование, несмотря на большую надежность отдельных элементов и цепей.

Автоматизированные системы управления. Создание сложных автоматизированных систем управления, включающих человека и группы людей на различных уровнях иерархии управления — это актуальная задача современной науки и техники. Она возникает как в области космической техники, так и в различных отраслях народного хозяйства. Типичный пример сложнейших комплексов такого типа — автоматизированные системы управления процессом подготовки к старту ракетно-космических систем и автоматизированные системы управления полетом космических аппаратов. До настоящего времени наиболее сложным действующим комплексом был комплекс управления полетом космических кораблей «Союз» и «Аполлон». Тогда была создана сложная система, состоящая из двух Центров управления полетом, расположенных на разных континентах (под Москвой и на юге США, в Хьюстоне), сети советских и американских станций слежения, расположенных на суше и на кораблях, и системы связи, включающей наземные и подводные каналы связи и связные спутники. Эта система поддерживала связь с экипажами в любых точках орбиты, давала возможность вести переговоры и принимать телепередачи с борта космических аппаратов, передавать необходимые команды и обеспечивала взаимодействие Центров управления полетом.

Опыт, накопленный при создании и эксплуатации такой системы, весьма полезен и для иных областей техники.

Достижения производства ракетно-космической техники — технологические процессы, материалы, приборы, агрегаты — систематически передаются в другие области народного хозяйства. Так, жаропрочные сплавы, микроэлектронные элементы, разработанные для бортовых устройств с успехом применяются и в других областях техники. Ограничение веса и габаритов приборов — важное требование космической техники — оказало существенное влияние на прогресс в микроминиатюризации технических средств вообще и электронике и вычислительной технике в особенности. Необходимость переработки больших массивов информации и сложных вычислений, связанных с баллистическими расчетами и управлением полетом космических аппаратов, оказала влияние на прогресс и создание универсальных быстродействующих ЭВМ.

Биомедицинские приборы, созданные для исследований в области космической биологии и медицины, и оригинальные инструменты для работы в условиях орбитального полета находят все более широкое применение в земной практике. Например, советский врач Ю. А. Сенкевич взял с собой на борт тростниковой лодки «Тигрис» набор приборов, инструментов и медикаментов, аналогичный разработанному для космических полетов.

Связные спутники серии «Молния», работающие на эллиптических орбитах, и система наземных станций «Орбита» позволили охватить космической связью огромные территории нашей страны («Земля и Вселенная», № 5, 1977, с. 8—15.—Ред.). Создана организация и система «Интерспутник», обеспечивающая телевизионные, телеграфные и телефонные передачи на Кубу, в Монголию, ряд европейских стран социалистического содружества. Новым этапом развития космической связи явилось создание геостационарных спутников связи «Радуга» и «Экран». Спутники «Экран» обеспечивают передачу цветного телевидения во многие районы страны, в том числе в районы строительства БАМа, и не имеют ограничений, связанных с относительными перемещениями спутника («Земля и Вселенная», № 1, 1978, с. 27—31.—Ред.). Трудно переоценить значение дальнейшего усовершенствования средств космической связи для развития культуры и социального прогресса.

В будущем можно ожидать создания сложнейших систем обмена информацией через спутники связи, международных «банков» данных, которые будут доступны многим странам.

Становится реальной задача **непосредственного телевизионного вещания** через геостационарные спутники связи на бытовые антенны или простейшие антенны коллективного пользования.

Космическая метеорология заняла важное место в современной науке и технике. Без использования метеорологических спутников в настоящее время немыслима деятельность службы погоды («Земля и Вселенная», № 5, 1977, с. 16—24.—Ред.). Информация, полученная с метеорологических спутников, сделавших только один оборот по орбите, превышает информацию, которую дают 10 тыс. наземных метеорологических станций за сутки. Космическая метеорология позволяет существенно повысить надежность прогноза погоды. Большое практическое значение имеет спутниковая информация о ледовой обстановке для проводки судов в Арктическом бассейне. В частности, такая информация широко использовалась во время замечательного рейса атомного ледокола «Арктика» на Северный полюс («Земля и Вселенная», № 1, 1978, с. 2—3.—Ред.). С развитием фактически круглогодичной навигации по Северному морскому пути спутниковая информация становится еще более необходимой. Исследования атмосферы, взаимодействия земной поверхности, океана и атмосферы, изучение облачного и ледового покрова углубляют наши знания о процессах, протекающих в атмосфере и гидросфере Земли. Трудно переоценить значение предупреждений о циклонах, ураганах, тайфунах. Такая информация, которую получают прибрежные службы и суда в океанах и морях, позволяет предотвратить надвигающиеся катастрофы и спасти немало человеческих жизней. Все это дает огромный экономический эффект и, конечно, приносит результаты, которые не могут быть оценены в рублях или долларах.

Большие перспективы имеет внедрение систем **космической навигации**, которые позволяют с высокой точностью определять местонахождение судов и самолетов, в каком бы районе земного шара они ни оказались.

Сейчас достигнута договоренность о сотрудничестве с США в разработке и создании системы извещения о местонахождении судов и самолетов, терпящих бедствие. Такая система должна состоять из нескольких спутников и приемных станций спасания. На самолетах и кораблях, а может быть, в геологических партиях и экспедициях небольшие радиопередатчики будут включаться при аварии и подавать сигнал бедствия. Этот сигнал спутники ретранс-



лируют на приемные пункты и передадут на ближайшую спасательную станцию.

Такая система может спасти немало человеческих жизней, поскольку, как это следует из статистики, большой процент потерь связан с поздним обнаружением самолета или судна, потерпевшего аварию или катастрофу.

С развитием космической техники и совершенствованием бортовой аппаратуры, особенно фотографической и телевизионной, все более широкие возможности открываются для изучения природных ресурсов из космоса («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 10—15.—Ред.). С этой целью на орбитальной станции «Салют-6» установлена усовершенствованная аппаратура МКФ-6М, которая выполняет программу фотографирования земной поверхности.

В перспективе на основе космических средств изучения природных ресурсов будет создана служба охраны окружающей среды и борьбы с ее загрязнением.

К числу новых направлений развития техники, имеющих непосредственное практическое значение, относится космическая технология («Земля и Вселенная», № 6, 1978, с. 24—28.—Ред.). Важное направление космической технологии — разработка технологических процессов, предназначенных для проведения различных операций в космосе: монтаж оборудования, сборка различных конструкций, ремонтные операции. К числу таких операций относятся, например, различные виды сварки и резки в космосе, развертывание сложных и свернутых в рулоны материалов и элементов конструкций.

Глобальный характер многих задач космических исследований и необходимость комплексных экспериментов с объединением усилий ученых разных стран привели к международному сотрудничеству и потребовали выработки новых форм эффективной и взаимовыгодной кооперации. Хорошим примером плодотворного сотрудничества в области исследования и использования космического пространства в мирных целях служат совместные работы ученых и организаций девяти социалистических стран, участвующих в осуществлении программы «Интеркосмос» («Земля и Вселенная», № 6, 1977, с. 23—29.—Ред.). Положительный опыт такого сотрудничества с успехом может быть перенесен и в другие области науки и техники.

Нет сомнений, что дальнейший научный, технический и социальный прогресс человечества неразрывно связан с космическими исследованиями.

СОВЕЩАЮТСЯ ИССЛЕДОВАТЕЛИ КОСМОСА

В работе XXI сессии Международного комитета по космическим исследованиям (КОСПАР), проходившей в июне 1978 года в австрийском городе Инсбруке, приняло участие около 1000 ученых и специалистов из 35 стран. Заслушано более 500 научных сообщений.

Советская делегация, которую возглавлял председатель Совета «Интеркосмос» академик Б. Н. Петров, состояла из 54 человек и представила 60 докладов, вызвавших большой интерес участников сессии.

С успехом прошли выступления летчиков-космонавтов СССР Ю. В. Ро-

маненко и Г. М. Гречко на пленарном заседании в день открытия сессии. Советские космонавты сделали сообщения о предварительных результатах экспериментов, проведенных в ходе 96-суточного полета на борту комплекса «Салют-6» — «Союз».



Программа сессии включала обсуждение результатов космических исследований, выполненных в 1977 году. На заседаниях рабочих групп рассматривались следующие вопросы: результаты экспериментов в межпланетном пространстве, в магнитосфере и верхней атмосфере; космические методы в применении к астрофизическим проблемам; биологические исследования; космические методы в метеорологии и съемках поверхности Земли; результаты экспериментов в космическом материаловедении.

Состоялись симпозиумы по рентгеновской астрономии, гравитационной физиологии, дистанционному

зондированию атмосферы Земли из космоса, исследованию поверхности и атмосферы планет, научному применению баллонов, солнечно-земной физике. Одно лишь перечисление тем научных заседаний дает представление о диапазоне обсуждаемых проблем.

Большой интерес вызвали доклады советских и американских ученых по исследованию межпланетной среды с помощью космических аппаратов «Прогноз» и «Вояджер».

Несколько докладов о результатах, полученных с помощью советских метеорокетов, было представлено советскими и индийскими специалистами. Из докладов и состоявшихся по ним дискуссий можно сделать вывод, что данные дистанционного зондирования атмосферы позволили улучшить анализ атмосферных процессов глобального масштаба. Участники сессии дали высокую оценку работам советских ученых по исследованиям Венеры, Марса.

Недавно созданная в рамках КОСПАР Рабочая группа по космическому материаловедению провела четыре заседания. С обзорным докладом о выполненных в Советском Союзе работах по космической технологии выступил летчик-космонавт СССР Г. М. Гречко.

Доклады западных специалистов в основном посвящались подготовке к исследованиям, запланированным на европейской космической станции «Спейслэб». Были затронуты вопросы изучения физики жидкости, процессов массо- и теплообмена, технологии получения различных материалов при отсутствии гравитации и наличии глубокого вакуума.

Наряду с большой программой научных заседаний, проведенных во время сессии, проходили многочисленные организационные заседания официальных органов КОСПАР.

Особое внимание было уделено вопросам реорганизации КОСПАР. Решено, что деятельность КОСПАР и в будущем должна быть сосредоточена на фундаментальных исследованиях космического пространства; КОСПАР должен привлекать внимание ученых к перспективным проблемам космических исследова-

ний и не ограничиваться обсуждением полученных результатов; проявлять инициативу в организации глобальных программ международного сотрудничества; вместо рабочих групп создать тематические комитеты по следующим направлениям космических исследований: изучению из космоса земной поверхности, метеорологии и климата, изучению из космоса системы Земля — Луна, планет и малых тел Солнечной системы, созданию модели атмосферы и изучению из космоса верхних атмосфер Земли и планет, изучению космической плазмы в Солнечной системе, включая планетарные магнитосферы, астрофизическим исследованиям из космоса, космической биологии и физиологии, материаловедению в космосе.

В процессе подготовки сессии австрийские коллеги обратились в Академию наук СССР с просьбой передать образцы лунного грунта для совместных исследований и сделать снимок города Инсбрука с орбитальной станции «Салют-6». Просьба была удовлетворена, и образцы лунного грунта, доставленного автоматическими станциями «Луна-20» и «Луна-24», были переданы академиком Б. Н. Петровым и членом-корреспондентом АН СССР В. Л. Барсуковым министру по науке и технике Австрии госпоже Фирнберг.

Фотографии Инсбрука советские космонавты вручили бургомистру города. Эти события нашли широкое отражение в прессе. Австрийские газеты отмечали как позитивный факт участие представительной советской делегации в работе сессии.

В связи с истечением срока полномочий проведены перевыборы руководства КОСПАР. Президентом избран известный французский ученый профессор Ж. Ф. Денис, вице-президентами — академик Р. З. Сагдеев (СССР) и доктор Ф. С. Джонсон (США).

Пленарное собрание постановило очередную XXII сессию КОСПАР провести в Индии, в городе Бангалоре с 29 мая по 9 июня 1979 года.

Ответственный секретарь
Совета «Интеркосмос»
при АН СССР
Г. С. БАЛАЯН

СВЯЗНОЙ СПУТНИК ЕВРОПЕЙСКОГО КОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА

11 мая 1978 года с мыса Канаверал американской ракетой-носителем Торад-Дельта 3914 запущен геостационарный экспериментальный связной спутник OTS-2 (Orbital Test Satellite).

Спутник OTS-2 предназначен для экспериментальных радиопередач, проверки функционирования и надежности бортового оборудования, а также для телефонной связи. Максимальное число телефонных каналов — 6000.

На спутнике установлены шесть антенн, которые позволят проводить сеансы телефонной связи не только с абонентами в Западной Европе, но и на Ближнем Востоке, в Северной Африке, на Азорских и Канарских островах и в Исландии.

Около пятидесяти европейских университетов, институтов и служб связи примут участие в экспериментах со спутником OTS. С учетом результатов этих экспериментов будет разработана эксплуатационная спутниковая система связи ECS (European Communication Satellites), которая, как предполагают, возьмет на себя значительную часть нагрузки европейской телефонной сети в осуществлении международной связи. Планируется, что емкость этой системы в 1981 году составит 5000 каналов, а к 1990 году возрастет до 20 000 каналов.

Параметры спутника OTS-2: высота 2,39 м, длина 2,13 м, ширина с развернутыми солнечными панелями 9,26 м, стартовая масса 865 кг, масса на геостационарной орбите 444 кг.

«Interavia Air Letter», 9003, 1978.



Академик
Я. Б. ЗЕЛЬДОВИЧ

Творчество Эйнштейна и астрономия

Замечательное развитие физики и астрономии в XX веке является коллективным достижением многих ученых многих стран. Это развитие тесно переплетается с прогрессом техники: наука становится производительной силой, обогащает технику. Но есть и обратная связь: современная техника открывает перед учеными новые возможности исследования — от ускорителей до внеатмосферных рентгеновских телескопов.

Однако этот крупномасштабный и коллективный характер современной науки не исключает роли отдельных людей. Среди творцов современной физики, среди тех, кто решающим образом повлиял на развитие физики и астрономии в последние сто лет, выделяется гений Эйнштейна. В дни, когда отмечается 100-летие со дня его рождения (14 марта 1879 года в городе Ульме, в Германии), уместно вспомнить научный путь и достижения Эйнштейна.

Когда-то в статье, посвященной Ньютону, Эйнштейн писал: «Думать о нем, значит думать о его творчестве». Слова эти полностью относятся и к самому Эйнштейну. Имя его часто ассоциируется со специальной теорией относительности и общей теорией относительности (ОТО). Это — правда, но далеко не вся правда; раньше чем мы обратимся к этим теориям, хочется отметить другие выдающиеся работы Эйнштейна, чтобы показать всю широту и огромный диапазон его творчества.

ДАТЫ ЖИЗНИ АЛЬБЕРТА ЭЙНШТЕЙНА

1879, 14 марта

В городе Ульме (Германия) в семье инженера родился Альберт Эйнштейн.

1880—1895

Семья Эйнштейна переезжает в Мюнхен. Учеба в начальной школе и Мюнхенской гимназии. Уход из гимназии. Отъезд в Италию, затем в Швейцарию.

1896—1901

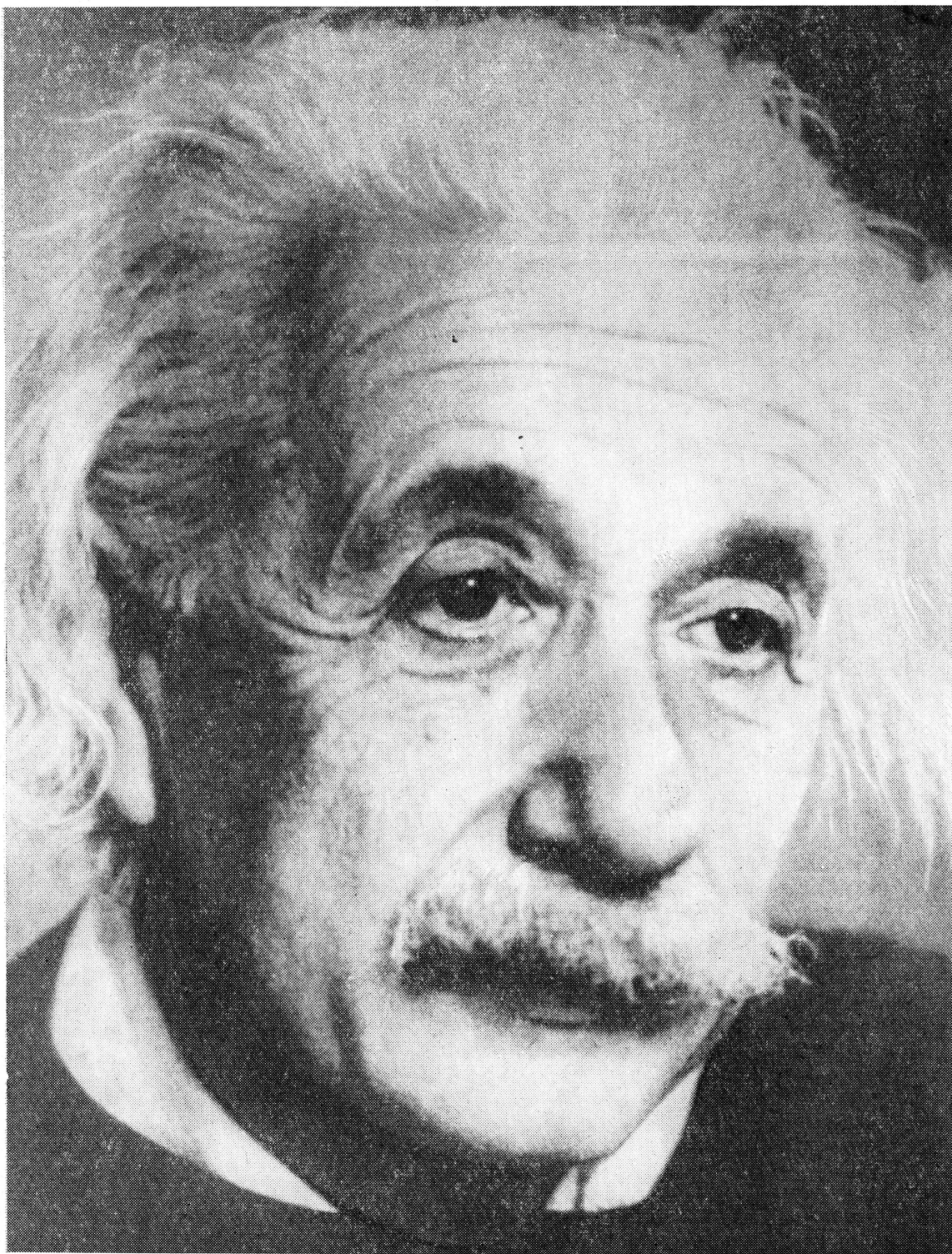
Студент педагогического факультета цюрихского Политехникума.

1901—1903

Работает учителем, затем техническим экспертом в Бюро патентов в Берне.

Эйнштейн посвятил ряд работ обоснованию термодинамики с точки зрения молекулярной теории и применению термодинамики к вопросам излучения, поглощения и рассеяния света. Эти работы примечательны прежде всего своей четкой идейной направленностью. Работы Дж. Гиббса по строгому статистическому обоснованию термодинамики еще не были известны в Европе. Многие считали, что термодинамика полностью заменяет молекулярную теорию. В этих условиях особенно существенными оказались смелые обобщения Эйнштейна. Видимые только в микроскоп частицы, состоящие из сотен миллионов атомов, тоже можно рассматривать как большие молекулы. В процессе исследования их движений удастся проверить молекулярную теорию. Опыты Ж. Перрена и теория Эйнштейна оказались решающим количественным подтверждением молекулярной теории, они-то и позволили определить с наибольшей точностью массу молекул. К этому циклу примыкают и работы Эйнштейна по теории поверхностного натяжения жидкостей, вязкости растворов и др.

Задолго до создания современной, логически законченной квантовой теории излучения Эйнштейн сформулировал принцип: новая теория не может изменить выводы молекулярной теории, касающиеся поступательного движения молекул, даже в том случае, если молекулы испускают и поглощают свет. Еще в 1899 году М. Планк выдвинул гипотезу,



A. Einstein.

согласно которой свет излучается квантами, то есть определенными порциями энергии. Казалось, что теория распространения света при этом не изменяется. Однако анализ, выполненный Эйнштейном, показал, что при каждом акте испускания или поглощения света атом испытывает толчок. Значит, в противоположную сторону вылетает квант света. Отдачи не было бы, если бы испускалась (во все стороны) волна. Так впервые появилось понятие кванта света (фотона) как частицы.

Вскоре последовали работы, объясняющие с квантовой точки зрения законы фотоэффекта, законы вызванных светом химических реакций (ионизацию газа можно считать частным случаем такой реакции) и теорию теплоемкости. В 1917 году также из сопоставления термодинамики и квантовой теории Эйнштейн делает вывод о том, что возбужденные атомы в потоке квантов будут усиливать этот поток. Так был сформулирован принцип индуцированного излучения — принцип, лежащий в основе квантовой радиоэлектроники, в основе мазеров и лазеров.

Под влиянием работы индийского физика Ш. Бозе об излучении Эйнштейн развивает новую квантовую теорию газа, состоящего из таких частиц, как, например, атомы гелия. Сегодня мы знаем, что эта теория лежит в основе явлений сверхтекучести и сверхпроводимости. Сказанное никак не умаляет заслуг физиков, создавших лазеры и мазеры, открывших и объяснивших сверхтекучесть и сверхпроводимость. Естественно, что именно эти физики лучше других ценят вклад Эйнштейна.

В 1926 году Эйнштейн просто и изящно объясняет известный закон Бэра, согласно которому в северном полушарии реки подмывают свой правый берег (подразумевается, что правую сторону определяет стоящий лицом вниз по течению). На первый взгляд, для объяснения достаточно сказать, что центробежная и Кориолисова силы отклоняют течение вправо. Однако небольшой подъем уровня воды у правого берега может остановить это отклонение. Эйнштейн отмечает, что нужно рассматривать придонный слой воды, и иллюстрирует свои положения тем, как ведут себя чаинки в стакане, вовлеченные во вращательное движение при помешивании чая ложечкой...

Не буду продолжать. Приведенных примеров достаточно, чтобы почувствовать щедрость и широту таланта, везде находящего проблемы и предлагающего решения, которые остаются значимыми на века. Мне кажется, что таким был в музыке Моцарт, в поэзии — Пушкин. Как светлое, жизнерадостное творчество воспринимается комплекс работ Эйнштейна. Но в этот же период, начиная с 1905 года, выполняются работы необычайной глубины.

Прежде всего — специальная теория относительности. Перечислим несколько результатов. Объединение пространства и времени, характеризующееся преобразованием Лоренца и группой Пуанкаре. Принцип эквивалентности массы и энергии, знаменитая формула $E = mc^2$. Новая релятивистская механика, в которой масса частицы неограниченно возрастает по мере приближения скорости частицы к световой.

Для астрономии особое значение имел вывод о том, что превращение водорода в гелий сможет обеспечить звезды необходимым запасом энергии. Этот вывод был сделан на основе одного только измерения атомных весов задолго до того, как ядерная физика смогла указать конкретные пути реализации процесса. Отметим, что в некоторых деталях и до сих пор не достигнуто полного количественного согласия теории с опытом. Измерение потока нейтрино, которые образуются при побочных реакциях в недрах Солнца, дает результаты, расходящиеся с расчетными. Однако общая совокупность данных определенно подтверждает теорию термоядерных источников энергии в недрах звезд.

Принцип эквивалентности предсказывал также возможность выделения большой энергии в ходе превращения самых тяжелых ядер (пре-

1905—1908

Защита диссертации на степень доктора философии Цюрихского университета. Публикует статьи о квантах света, о броуновском движении, о специальной теории относительности. Приват-доцент университета в Берне.

1909

Уход из Бюро патентов, назначение экстраординарным профессором Цюрихского университета.

1911

Профессор теоретической физики в Пражском университете.



■
Дом в Ульме, в котором 14
марта 1879 года родился
Альберт Эйнштейн

■
16-летний Эйнштейн



■
Эйнштейн у рабочего пю-
питра в Бернском бюро па-
тентов



жде всего, урана) в ядра среднего атомного веса, то есть в том процессе, который является основой современной ядерной энергетики. Для астрономии важное значение имела теория ультрарелятивистских электронов и их излучения. В развитии астрофизики высоких энергий велика роль советских ученых.

Огромное познавательное значение специальной теории относительности в том, что эта теория выходит за пределы «здорового смысла», а точнее, за пределы обобщений повседневного опыта, опирающегося на наблюдения сравнительно медленных процессов и явлений. На основе повседневного опыта мы интуитивно, не совершая заметной ошибки, пользуемся понятиями одновременности, абсолютного времени, Галилеева преобразования (суть последнего состоит в том, что в движущейся системе законы физики не изменяются, отсчет времени не отличается от отсчета времени в покоящейся системе). Отказ от этих представлений был труден. На протяжении многих лет с теорией относительности спорили, неоднократно пытались ее опровергнуть. Но теория относительности подтверждена опытами, она не прихоть отдельного человека или группы людей, она представляет собой важный вклад в познание объективных законов природы.

Любопытно (но и грустно), что антиэйнштейновские высказывания не прекращаются и сейчас. Изменилось их содержание: вместо отрицания самой теории делаются попытки отрицать роль Эйнштейна. Роль Г. Лоренца, А. Пуанкаре и ряда других ученых несомненно была существенной, и вполне справедливо их имена сохранились в названиях «преобразование Лоренца», «группа Пуанкаре». Однако Лоренц и Пуанкаре рассматривали теорию электромагнитных явлений, сокращение линейных размеров движущихся тел как конкретный, объективный результат изменения сил в движущемся теле (например, в системе покоящихся зарядов есть только электрические силы, но если вся эта система движется, появляется магнитное поле). Они пришли к правильному выводу, что в результате физических изменений в движущемся теле его движение окажется невозможным обнаружить. Однако только Эйнштейн понял, что эти изменения тел и преобразования отражают истинные свойства пространства и времени, что любая теория любых явлений природы должна быть релятивистски инвариантной, что все равномерно движущиеся системы полностью равноправны. При этом пришлось отказаться от таких фундаментальных понятий, как абсолютное пространство и время, как одновременность. Так появилась релятивистская механика, так были сформулированы требования к будущим физическим теориям — теории нейтрино, теории ядерных сил и мезонов и даже к теориям, нам сегодня еще не известным. Именно осознание новой природы связи пространства и времени, а также всеобщности специальной теории относительности дало Эйнштейну возможность высказаться об энергии ядерных реакций задолго до создания ядерной физики.

Обратимся теперь к общей теории относительности — ОТО. Надо ли напоминать читателю «Земли и Вселенной» ее содержание? В качестве компромисса очень кратко перечислю основные тезисы. Пространство и время описываются Римановой геометрией, грубо говоря, комплекс пространство — время искривлен. Взаимоотношение между картиной мира специальной теории относительности и ОТО такое же, как между картинами плоской поверхности с Евклидовой геометрией и искривленной поверхностью.

Из специальной теории относительности заимствуется неразрывная связь пространства и времени, которая остается в силе локально, в малой окрестности любой мировой точки. Так, малый участок плавно

1912

Профессор теоретической физики в цюрихском Политехникуме.

1913

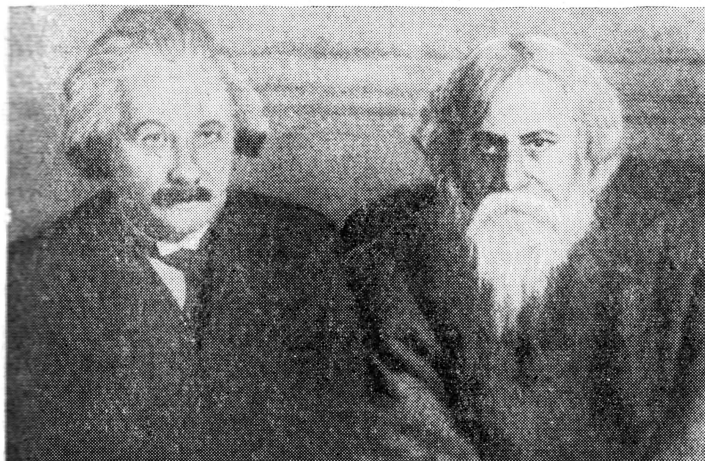
Избрание членом Прусской академии наук, переезд в Берлин.

1914

Директор Института физики в Берлине и профессор Берлинского университета.

1916

Завершена работа над общей теорией относительности.



■
А. Эйнштейн и Р. Тагор
(1930 г.)

■
Играет Эйнштейн (1941 г.)

«Единственная вещь, которая доставляет мне удовольствие, кроме моей работы, моей скрипки и моей яхты, — это одобрение моих товарищей»

искривленной поверхности можно считать плоским с тем большим правом, чем меньше рассматриваемый участок. Пространство — время обладает определенной упругостью. Некий, неполный набор величин, характеризующих кривизну пространства, обращается в нуль там, где отсутствует материя (атомы, частицы, электромагнитное поле). Материя изгибает пространство — время; соответствующая кривизна зависит от плотности массы (равной плотности энергии, деленной на квадрат скорости света), от потоков, то есть от движения материи и от давления или напряжений в материи.

Легко представить себе, что изгиб в одном месте в результате упругости пространства — времени вызывает определенное искривление в соседней пустой области. Последовательное рассмотрение задачи приводит к закону тяготения Ньютона. Закон Ньютона получается как предельный закон на большом расстоянии от массивного тела, создающего поле тяготения.

В ОТО естественно заложено равенство инертной и гравитационной масс. Наконец, теория требует, чтобы выполнялись законы сохранения энергии и импульса. Применительно к движению отдельных тел это требование приводит к ньютоновским законам движения (этот глубокий результат был получен уже в 30-х годах независимо Эйнштейном вместе с Л. Инфельдом и советским ученым В. А. Фоком с сотрудниками).

Новые следствия ОТО связаны с отклонениями от закона Ньютона. По сравнению с ньютоновской теорией, изменяются и предсказания, касающиеся распространения света в поле тяготения — отклонения луча и изменения частоты света. Предсказывается существование гравитационных волн — своеобразных переменных полей тяготения.

Первые «контакты» ОТО и астрономии происходили именно по линии проверки новых следствий. Аномалии движения Меркурия, необъяснимые в ньютоновской небесной механике, подтверждали ОТО. Впервые в 1919 году, через два года после предсказания, было проверено отклонение света звезд при прохождении луча около Солнца. Современная радиоастрономия позволила измерить это отклонение с точно-



стью до 1%. Смещение спектральных линий также подтверждалось астрономическими наблюдениями. Позже удалось обнаружить это явление и в лабораторных опытах, в которых происходило падение или подъем гамма-фотонов при разности высот всего 25 м.

Можно сказать, что тогда астрономия давала больше, чем получала, астрономия убеждала физиков в правильности ОТО. К чести астрономов нужно сказать, что они бескорыстны, они любят ситуацию, в которой судьба физической теории зависит от результатов астрономических наблюдений. Как ни странно, такая ситуация нравится астрономам больше, чем обратная, когда физики берут на себя смелость судить о том, что возможно и что невозможно на небесах.

Главенствующая роль тяготения в астрономических явлениях очевидна и не подвергается сомнению со времен Ньютона. Тем не менее на протяжении нескольких десятилетий (примерно с 1920 по 1960 год) казалось, что создание принципиально новой теории тяготения — ОТО — мало дает астрономии. При этом не обращали внимание на тот факт, что законы тяготения и движения классической механики приобретали в рамках ОТО свое истинное обоснование, становились выводами из более фундаментальных посылок. Прагматически мыслящие астрономы говорили, что так или иначе, но небесная механика создана до Эйнштейна, на долю ОТО остаются малые поправки... Такая «местническая» точка зрения (ограниченная нашей Солнечной системой или нашей Галактикой) уже в указанный период не всеми разделялась.

Первое применение ОТО к астрономии, давшее фундаментальные результаты, связано с космологией. Вопрос поставил Эйнштейн, но в первой работе интуиция изменила ему: Эйнштейн искал решение, которое описывало бы неизменную, статическую Вселенную. Известно, что правильное решение в 1922—1924 годах нашел наш соотечественник А. А. Фридман. После недолгой дискуссии Эйнштейн подтвердил формальную правильность этого решения. Открытие красного смещения Э. Хабблом убедило Эйнштейна в том, что наша Вселенная действительно эволюционирует. Более того, в 30-х годах, когда астрономы давали сильно завышенное значение постоянной Хаббла, Эйнштейн отмечал трудности, связанные с тем, что возраст Земли (4—5 млрд. лет) оказывался больше возраста Вселенной. Сегодня мы знаем, что возраст Вселенной исчисляется 15—20 млрд. лет, это следует из новых измерений расширения Вселенной и хорошо согласуется со всеми другими астрономическими и геологическими данными.

Подлинный пример применения ОТО в астрономии происходит на наших глазах, прежде всего, в связи с открытием радиопульсаров, рентгеновских пульсаров и компактных источников рентгеновского излучения.

Справедливости ради надо отметить, что существование предельной массы для звезд-карликов следовало еще из ньютоновской теории. Превращение вещества из совокупности отдельных ядер, окруженных электронным газом, в нейтронную жидкость предсказывали в середине 30-х годов и физики и астрономы. Л. Д. Ландау, Р. Оппенгеймер, В. Бааде, Ф. Цвикки писали о нейтронных звездах; астрономы связывали образование нейтронных звезд со вспышками сверхновых. Более того, в конце 30-х годов Р. Оппенгеймер и Х. Снайдер рассмотрели релятивистский коллапс и образование черной дыры. И все же до середины 60-х годов эти работы не привлекали большого внимания астрономов, может быть, потому, что за ними не чувствовались наблюдательные следствия.

Новый подъем начался работами В. А. Амбарцумяна и Г. С. Саакяна, Дж. Уилера, московской группы астрофизиков. Стало ясно (это подчеркивали в Москве), что если не сами нейтронные звезды и черные дыры,

1919

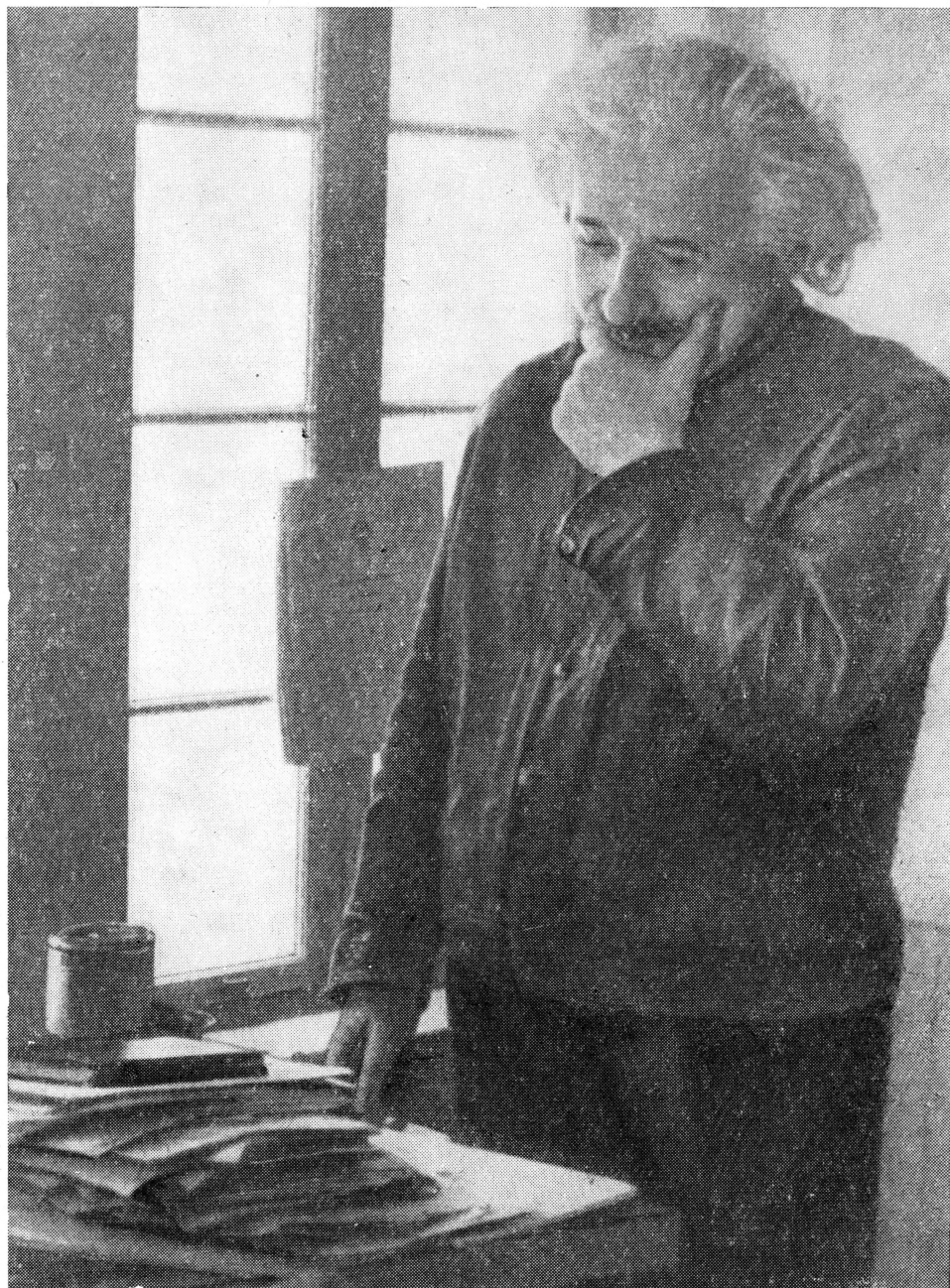
Подтверждение общей теории относительности: во время полного солнечного затмения 29 мая наблюдалось отклонение световых лучей в поле тяготения Солнца.

1921

Нобелевская премия по физике за открытие законов фотоэффекта и работы в области теоретической физики.

1926

Избрание почетным членом Академии наук СССР.



■
Эйнштейн в своем рабочем кабинете (1938 г.)

то падающий на них газ должен быть мощным источником рентгеновского излучения. И это открытие совпало с рождением рентгеновской астрономии. В какой-то мере неожиданно для теоретиков были открыты радиопульсары, а теперь мы знаем, что они испускают огромную энергию в гамма-диапазоне. Сейчас ОТО находится в центре внимания всей астрофизики, в частности, с черными дырами пытаются связать загадочные явления в квазарах и ядрах галактик.

Но мы рассказываем не историю всей астрофизики, а лишь кратко обрисовываем историю научного творчества Эйнштейна и его детища — ОТО. Эйнштейн как-то сказал, что все остальные его работы были бы осуществлены, если не им, то другими, может быть, на два-три года поз-



же. Но для ОТО он делал исключение, он говорил, что рождение ОТО могло бы задержаться без него и на 50 лет.

Удивительное совпадение: как раз в 60-х годах физики-теоретики лучше поняли структуру теорий поля. Эти теории тесно связаны с законами сохранения. Сохранение электрического заряда (вместе со специальной теорией относительности) диктует форму теории электромагнитного поля. В этом же смысле сохранение энергии и импульса диктует форму теории тяготения. Добросовестный, но не гениальный теоретик сегодня закономерно придет к выводу, что теорию Ньютона надо обобщить, что должны существовать гравитационные волны. Более того, он увидит, что гравитационное поле само обладает энергией, «весит», а значит, действует само на себя, следовательно, теория нелинейна. Так строится теория, все выводы которой в точности совпадают с ОТО (сегодня это прослежено в деталях). Значит, предсказание Эйнштейна сбывается?

На этот вопрос нельзя дать однозначный ответ потому, что нельзя вырастить хорошего теоретика, ограждая его от теории относительности до научного совершеннолетия. Догадается ли такой «подопытный кролик», что его теория эквивалентна ОТО в своих выводах? Но без этой догадки, без идеи искривления пространства — времени, озарившей Эйнштейна, мы потеряли бы в значительной степени красоту теории. Есть все основания полагать, что дальнейшее развитие теории тяготения и объединение ее с квантовой теорией будет существенно использовать именно геометрический аспект теории. Заслуги Эйнштейна перед наукой, перед человечеством непреходящи.

Что можно сказать об Эйнштейне-человеке? Поражает его душевная цельность, целеустремленность и вместе с тем скромность, демократичность, доброжелательность, юмор. Приведу отрывок из его письма 1902 года: «Вот уже три недели я живу у родителей и подыскиваю место ассистента... Давно бы я его нашел, если бы NN не интриговал против меня. Тем не менее я решил испробовать все средства и не теряю чувства юмора... Бог создал осла и дал ему толстую шкуру. У нас здесь прекраснейшая весна и весь мир озарен счастливой улыбкой... Знакомые, любящие музыку, не позволяют мне киснуть».

Эйнштейн и музыка — какая гармония! Не представляю себе Эйнштейна у телевизора, болеющего за хоккейную команду...

Интересны детские годы Эйнштейна и связанные с ними последующие высказывания о методах обучения, которые «не должны убивать естественной любознательности».

В 1923 году Эйнштейн вместе с другими видными деятелями Германии организовал Общество друзей Советского Союза. В 1926 году Эйнштейн был избран иностранным членом Академии наук СССР. Он резко осуждал фашизм и вышел из Прусской академии наук. Он осуждал маккартизм и разжигание холодной войны в США — государстве, где он провел последние 22 года своей жизни.

В начале второй мировой войны Эйнштейн обратился к президенту США Ф. Рузвельту с призывом срочно развернуть работы по созданию атомного оружия, чтобы фашистская Германия не опередила союзников. В 1945 году Эйнштейн осуждал и тяжело переживал атомную атаку на Хиросиму и Нагасаки. Он остро чувствовал атомно-водородную угрозу существованию всего человечества.

Эйнштейн умер от разрыва склерозированной аорты 18 апреля 1955 года в возрасте 76 лет.

1919—1932

Посещение Голландии, Чехословакии, Австрии, США, Англии, Франции, Китая, Японии, Палестины, Испании.

1933—1945

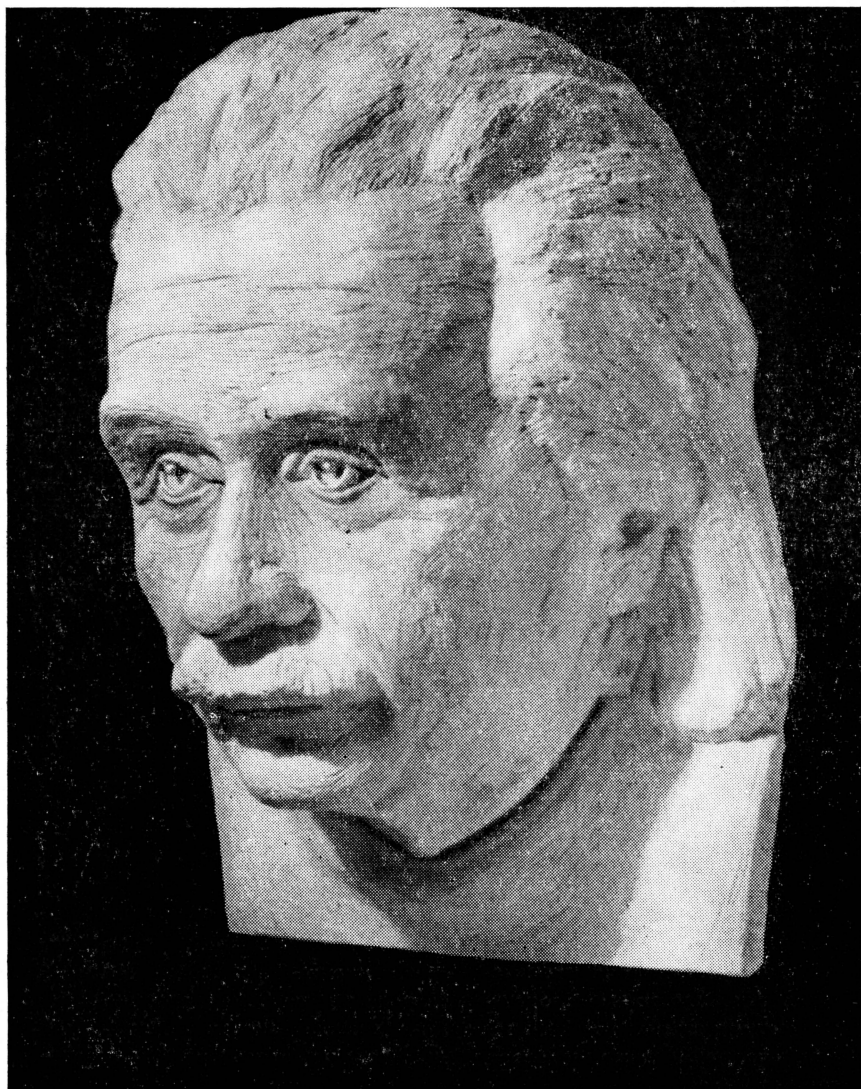
Эмиграция в США. Профессор Института высших исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси).

1949

Разработка обобщенной теории гравитации.

1955, 18 апреля

В 1 час 25 минут умер Альберт Эйнштейн.



Прошло 100 лет со дня рождения Альберта Эйнштейна, 70 и 60 лет со времени создания специальной и общей теории относительности. Образ Альберта Эйнштейна — ученого и человека — не меркнет, не изглаживается из нашей благодарной памяти. Проходят годы, и мы лучше осознаем научное величие его идей, всю человечность и чистоту его жизни.

■
*Скульптурный портрет Альберта
Эйнштейна работы известного физи-
ка академика А. Б. Мигдала*
Фото В. Машатина



Спутник движется по геодезической

Геометрические свойства пространства — времени определяются силами тяготения («Земля и Вселенная», № 5, 1976, с. 29—38.—Ред.). Траектории, по которым движутся в гравитационном поле свободно падающие тела, не зависят от свойств самих тел. Это — **геодезические линии**, представляющие собой кратчайшие пути из одной точки в другую. Выяснение геометрии пространства — времени, то есть структуры его геодезических линий, эквивалентно изучению полей тяготения в нем.

Примерно так, упрощенно, можно выразить суть принципа «геометризации тяготения», положенного А. Эйнштейном в основу общей теории относительности. Сейчас, в начале третьего десятилетия космической эры, эти абстрактные теоретические формулировки не кажутся слишком сложными даже человеку, далекому от науки.

Практическая космонавтика доказывает, что космические аппараты действительно летят по законам тяготения и кратчайшие пути полета к цели вовсе не прямые линии. Для расчета траекторий космических аппаратов необходимо знать гравитационные поля Солнца и планет. О них можно судить на основе оценок масс планет и расстояний в Солнечной системе, а также законов ее динамики. Однако ученых интересует и обратная задача: по особенностям траектории свободно падающего тела восстановить величину напряженности гравитационного поля в каждой точке траектории, а затем построить эмпирическую карту поля. В принципе такая возможность есть,

Искусственные спутники предоставляют уникальную возможность для исследования тонкой структуры гравитационных полей и проверки теории тяготения Эйнштейна.

но для ее осуществления нужна уверенность, что спутник (пробное тело) находится в состоянии свободного падения и никакие посторонние силы на него не действуют. Иначе говоря, нужно быть уверенным, что спутник движется по геодезической линии. В действительности это как раз не так.

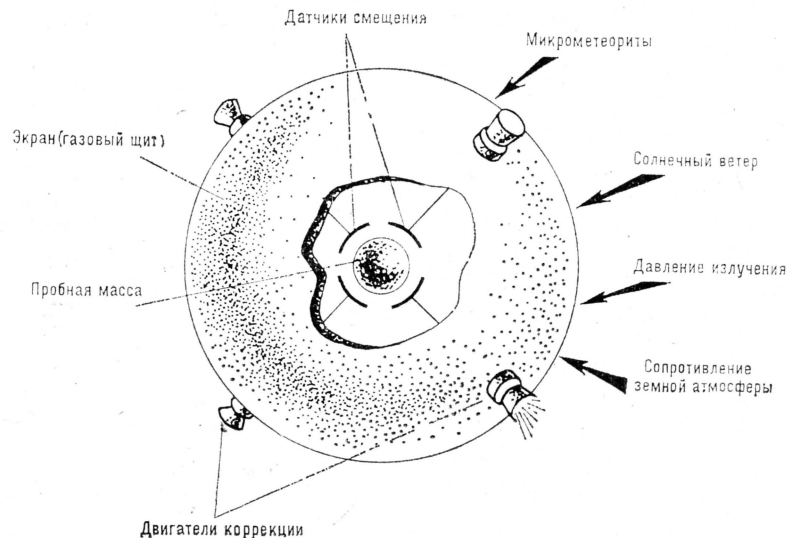
На спутник, естественный или искусственный, действуют силы негравитационной природы: давление солнечного излучения, солнечный ветер, остатки межпланетного газа, удары микрометеоритов. Все эти возмущения искажают траекторию, случайным образом сбивают или сносят спутник с истинной геодезической линии. С течением времени снос накапливается и траектория сильно изменяется. Точные расчеты напряженности гравитационного поля по движению спутника, естественно, уже невозможны.

«ПЛАНЕТА С ГАЗОВЫМ ЩИТОМ»

Стремление преодолеть эти трудности привело к идее создания специального спутника — **спутника, свободного от сноса**. Пожалуй, первое упоминание о таком спутнике содержится в лекции доктора Р. Дикки, прочитанной в 1961 году в Годдардовском центре космических иссле-

дований НАСА: «... в космос можно было бы запустить, например, искусственную планету, окруженную газовым щитом, который позволил бы исключить эффекты, мешающие движению по геодезической траектории, — трение о газ и световое давление... Такой чувствительный прибор дал бы нам весьма интересные сведения о теории тяготения, поскольку с его помощью можно было бы проверить формулу гравитационной силы с точностью, при которой должны выявиться релятивистские эффекты». Основные принципиальные и технические детали конструкции спутника разработаны в Принстонском и Калифорнийском университетах США.

Пробная масса сферической формы помещена внутрь экранной оболочки («газового щита»). Бесконтактные датчики, электрические или оптические, следят за положением массы и вырабатывают сигналы для управления небольшими двигателями коррекции траектории. Масса, защищенная экраном от внешних воздействий, движется по геодезической линии. Снос экрана вызывает изменение относительного положения массы внутри оболочки. Это отмечают датчики, и по их команде двигатели коррекции «подправляют» траекторию. Таким образом, внешняя оболочка «следит» за положением пробной массы и в результате тоже начинает совершать движение по геодезической. По существу, вся конструкция представляет собой прибор для измерения ускорения — акселерометр: сигнал ошибки, снимаемый с датчиков, несет информацию об ускорении оболочки. По-



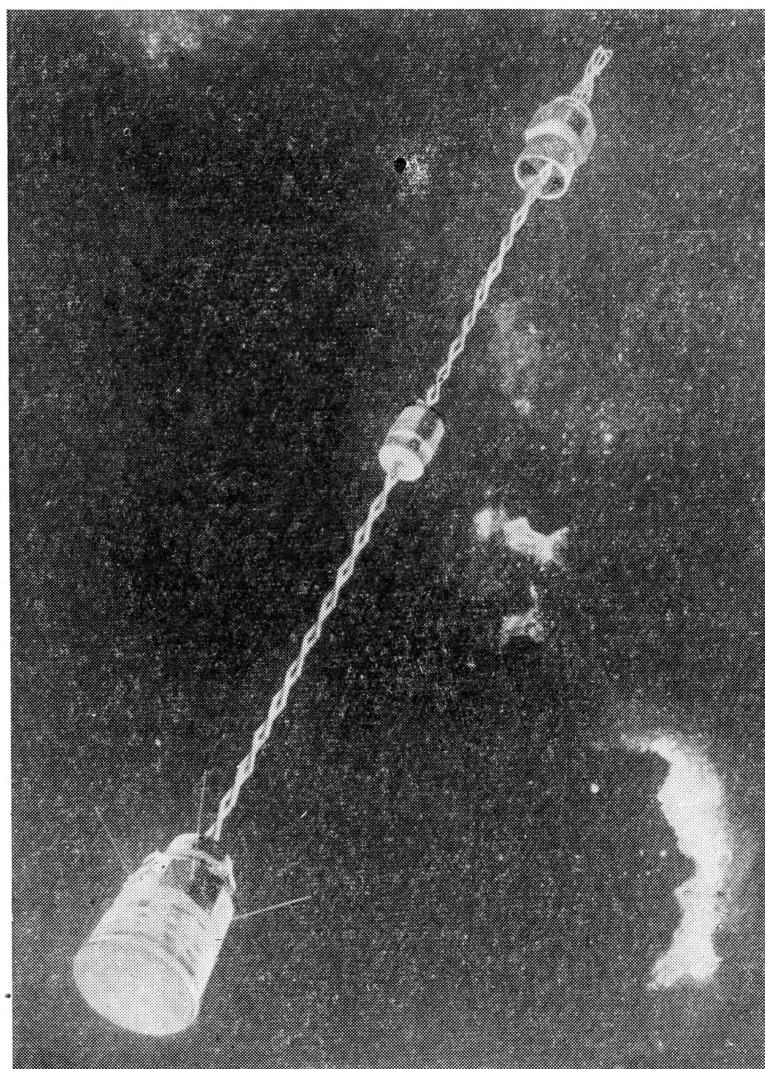
сколько чувствительность любого прибора ограничена, то конечна и степень «отслеживания» истинной геодезической траектории. Теоретический анализ показал, что вполне допустимо создание аппарата, у которого «негравитационное» ускорение (не скомпенсированное двигателями коррекции) не будет превышать 10^{-10} см/с^2 .

Первый свободный от сноса спутник «Траяд-1» был запущен НАСА в 1972 году и просуществовал около года. Спутник летал на высоте 800 км, уровень компенсации «негравитационных» ускорений составил 10^{-8} см/с^2 , то есть в 100 раз хуже теоретической оценки. Но уже это позволило прогнозировать положение «Траяда-1» с точностью $\pm 100 \text{ м}$ на две недели вперед, в то время как положение обычных спутников предсказывается с ошибкой в сотни метров всего на сутки вперед.

Ввод в практику свободных от сноса спутников дает для гравитационных экспериментов качественно новый инструмент. С ним возможны важные научные исследования. Самая первая задача — это изучение

■
Схема устройства свободного от сноса спутника

■
Спутник «Траяд-1». В центральном блоке размещена пробная масса и датчики слежения, в боковых — электронные системы обслуживания. Блоки разнесены, чтобы уменьшить влияние собственных гравитационных полей на пробную массу (рисунок Р. Симонса из журнала «Technical Digest JPL»)



распределения масс внутри Земли по ее гравитационному полю. Определяя элементы траектории геодезического спутника, можно выявить местные вариации ускорения силы тяжести вблизи Земли. Карту земного гравитационного поля удастся составить точнее, чем с помощью наземной сети гравиметров. Современный гравиметр обеспечивает точность измерения напряженности поля примерно 10^{-9} от его абсолютной величины. Акселерометр «Трайд-1» с остаточным ускорением 10^{-8} см/с² способен измерить поле с «точностью» $10^{-11}g$ ($g=980,665$ см/с² — ускорение силы тяжести на Земле). По данным, полученным на «Трайд-1», почти на порядок была уточнена одна из моделей распределения масс внутри Земли. Но измерениями земного гравитационного поля возможности спутников типа «Трайд-1» не ограничиваются.

К СОЛНЦУ

Большой интерес представляет программа запуска «Солнечного зонда». Спутник должен максимально близко подойти к Солнцу, изучить особенности солнечного гравитационного поля, а также параметры около-солнечной плазмы. Измерение тонкой структуры гравитационного поля Солнца позволило бы сделать заключение о его внутреннем строении.

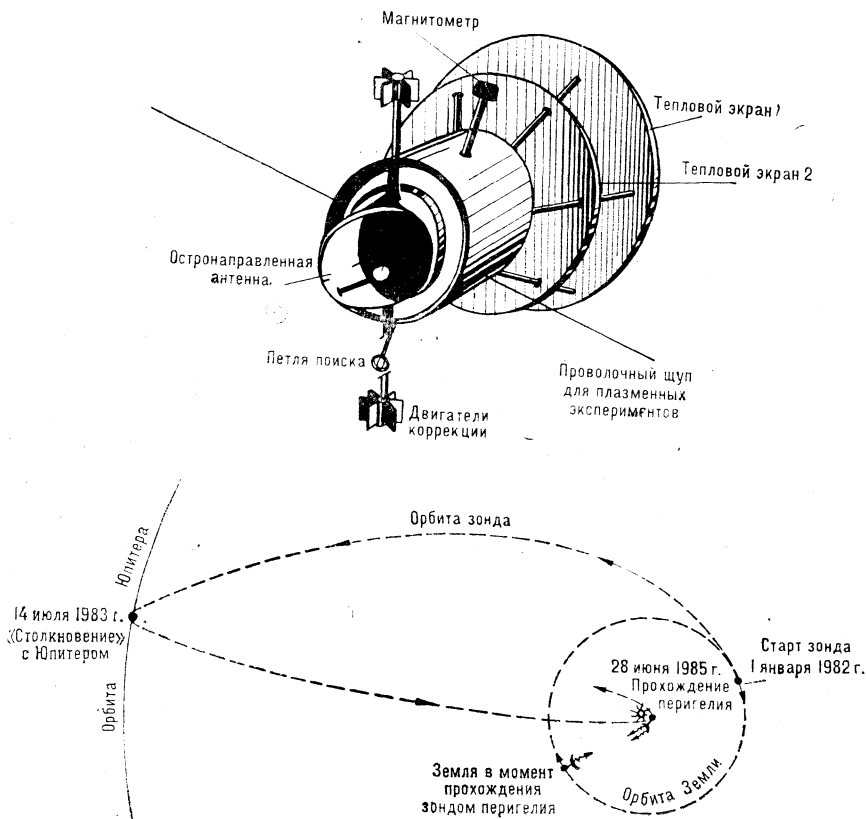
Известно, что существующая модель Солнца не вполне удовлетворительна («Земля и Вселенная», № 6, 1978, с. 36—39.—Ред.). Важнейшим параметром модели служит квадрупольный момент — величина, характеризующая распределение массы по направлению, перпендикулярному вращению. Квадрупольный момент непосредственно связан с моментом количества движения ядра Солнца. Если предположить, что Солнце твердое, то квадрупольный момент можно оценить из наблюдаемого вращения светила: получается значение около 10^{-7} . Однако есть основания предполагать, что квадрупольный момент Солнца превышает эту величину.

Единственный достоверный путь определения квадрупольного момен-

та — измерение отклонений гравитационного потенциала Солнца от сферически симметричного распределения. Предлагается вычислять квадрупольный момент на основе вариации ускорения «Солнечного зонда» по отношению к земным станциям. Чтобы найти эту величину, нужно знать расстояние до зонда, или дальность зонда, а также скорость изменения дальности во время полета. Возможность их измерения как раз обеспечивает радиолокационный метод наблюдений. Вариации ускорения, связанные с влиянием квадрупольно-

«Солнечный зонд» (проект)

Орбита «Солнечного зонда» и взаимное расположение зонда, Земли и Юпитера



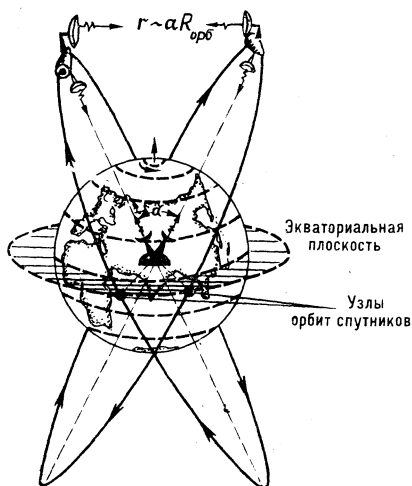
го момента, сильно зависят от расстояния до центра Солнца. Погрешность измерения квадрупольного момента, предусматриваемая программой, составляет примерно 10^{-8} , а подлет зонда планируется на расстояние четырех солнечных радиусов. В этом случае требуемая точность измерения вариаций ускорения равна 10^{-6} см/с². Не надо забывать, что нас интересуют только такие возмущения ускорения, которые вызваны действием гравитационного поля. Негравитационные возмущения должны быть меньше. Это означает, что необходим свободный от сноса спутник типа «Трайд-1». При близком подлете такого спутника к Солнцу можно будет измерить несколько других гравитационных эффектов, предсказываемых общей теорией относительности, а также провести комплекс плазменных измерений.

Как обеспечить необходимое сближение спутника с Солнцем? Авторы проекта, представленного в 1976 году Европейским космическим агентством (ESA), предложили послать зонд не прямо к Солнцу, а... к Юпитеру! Поле тяготения Юпитера изменяет импульс зонда так, что он переходит на орбиту с очень большим эксцентриситетом, а затем уже летит к Солнцу. Возможны три класса орбит: неэстетичная — угловая орбита с исчезающим перигелием, или орбита «камикадзе» (спутник врежется в Солнце), орбиты с перигелием в несколько солнечных радиусов в плоскости эклиптики и вне ее. Орбита «камикадзе», хотя и неограниченно приближается к Солнцу, неудовлетворительна. Ее конечный участок неэффективен из-за технологических ограничений (спутник быстро сгорает). В итоге происходит потеря данных «обратного полета». Чтобы этого не случилось, для «Солнечного зонда» выбрана другая орбита. Она расположена в плоскости эклиптики, и перигелий орбиты можно наблюдать с Земли во время прохождения его зондом.

Ценность миссии «Солнечного зонда» в случае успеха исключительно высока: при самых умеренных предположениях о точности приборов, которые будут установлены на спутнике, удастся получить фундаментальную информацию о гравитационном поле Солнца, недоступную другим способом исследования.

В ПОЛЕ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАССЫ

Следующий эксперимент, для осуществления которого требуется свободный от сноса спутник, — измерение гравитационного поля вращающегося тела с такой точностью, чтобы можно было заметить релятивистские поправки. Гравитационный потенциал вращающейся массы, согласно общей теории относительности, не совпадает с потенциалом массы, находящейся в покое. Вращение должно сказаться на форме геодезических линий поля, а значит, и на поведении орбиты пробного тела. И. Лензе и Г. Тирринг еще в 1918 году рассчитали эффект возму-



щения орбиты спутника Земли с учетом вращения последней. Характер возмущения таков, что плоскость орбиты спутника начинает поворачиваться (прецессировать) вокруг оси вращения Земли. Это можно заметить, наблюдая за движением узлов орбиты — точек пересечения орбиты с экваториальной плоскостью.

Скорость прецессии плоскости орбиты спутника Земли, как следует из теории, не должна превышать 0,1—0,2 угловой секунды в год, тогда смещения узлов составят 10—20 м за три года.

Можно ли такой эффект заметить со спутником типа «Траяд-1»? Его темп сноса — 100 м за две недели — слишком велик, но он характерен для сноса **вдоль** направления орбитальной траектории. В **поперечном** направлении (именно это и важно) снос значительно меньше. Спутник, как гигантский гироскоп, проявляет устойчивость к негравитационному возмущению орбитальной плоскости. У «Траяда-1» поперечный снос мог бы составить не более 10 см в год. На этом фоне **прецессию Лензе — Тирринга** измерить нетрудно.

Но существует еще **геофизическая прецессия** орбиты спутника, вызван-

ная особенностями распределения масс в Земле. Угловая скорость геофизической прецессии намного превосходит прецессию Лензе — Тирринга. Рассчитать ее точно невозможно, поскольку она зависит от угла наклона орбиты к экваториальной плоскости, а этот угол измеряется со значительной ошибкой. Американские физики Р. Ван Паттен и К. Эверит предложили экспериментальный способ контроля за геофизической прецессией, используя как раз ее зависимость от наклона орбиты к экватору. Эффект Лензе — Тирринга с этим наклоном никак не связан.

Пусть два спутника находятся на почти полярных околоземных орбитах (оба полюса Земли расположены в плоскости орбиты), плоскости которых лежат по разные стороны от полюсов. Угол между плоскостями орбит спутников будет характеризовать величину геофизической прецессии: его увеличение пропорционально угловой скорости прецессии, а суммарное значение за время наблюдения равно разности угловых поворотов орбит. Если измерять этот угол во время эксперимента, то можно следить за геофизической прецессией и учитывать ее.

Эксперимент предполагается проводить следующим образом. Спутники вращаются по близким орбитам в противоположных направлениях*. Можно так подобрать начальные параметры орбит, что спутники будут одновременно проходить над полюсами Земли, точнее, вблизи полюсов. Когда аппараты сближаются, лазерный локатор измеряет расстояние между ними. Поскольку радиус орбит известен, становится известным и угол между плоскостями орбит. По этому углу можно вычислить суммарное геофизическое смещение узлов орбит. После того, как наземные станции слежения определяют полное смещение узловых точек орбит, из этого значения нужно вычесть известное геофизическое смещение. Остаток будет равен сдвигу Лензе — Тир-

Схема космического эксперимента для определения прецессии Лензе — Тирринга

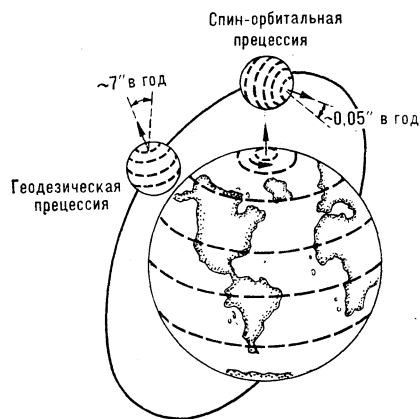
* Такое направление движения необходимо для того, чтобы компенсировать возмущение со стороны Луны, других планет и т. д.

ринга. Анализ источников ошибок предсказывает точность измерения эффекта Лензе — Тирринга 1—2% спутниками типа «Траяд-1».

НА ОРБИТЕ ГИРОСКОП

Изменение гравитационного потенциала Земли вследствие ее собственного вращения может быть измерено и при запуске гироскопа на околоземную орбиту. В механике Ньютона идеальный гироскоп (вращающаяся сфера) не испытывает какой-либо прецессии при любом движении в гравитационном поле. Его спин (вектор собственного механического момента) сохраняет свое положение и величину во времени. Теория Эйнштейна предсказывает возникновение релятивистской прецессии. Возможность ее наблюдения первоначально исследовалась для естественных гироскопов — таких, как система Земля — Луна или сама Земля в солнечном гравитационном поле. Однако эффект релятивистской прецессии очень мал для Земли, всего 0,01 угловой секунды в год. Это в несколько раз меньше точности измерения общей прецессии земной оси, которая равна примерно 50 угловым секундам в год.

После запуска первых искусственных спутников Земли Л. Шифф (США) предложил вывести на орбиту гироскоп и рассчитать скорость его прецессии в соответствии с предсказаниями общей теории относительности. Эффект состоит из двух частей, которые хорошо разделяются на полярной орбите. Гироскоп со спином, лежащим в плоскости орбиты, испытывает относительно большую **геодезическую прецессию**, составляющую около 7 угловых секунд в год: спин гироскопа поворачивается вокруг перпендикуляра к плоскости орбиты. Гироскоп, спин которого перпендикулярен плоскости орбиты, поворачивается вокруг земной оси. Это — **спин-орбитальная прецессия**, ее скорость значительно меньше, всего 0,05 угловой секунды в год. Геодезическая прецессия не зависит от вращения Земли (она зависит только от спина самого гироскопа), спин-орби-



тальная вызывается именно вращением Земли.

Идея эксперимента была высказана двадцать лет назад, но только сейчас, с появлением свободных от сноса спутников, этот замысел становится реальным. Действительно, необходимо обеспечить движение гироскопа по геодезической траектории с высокой точностью. Лишь тогда можно быть уверенным, что прецессия будет обусловлена гравитационными силами. Проект эксперимента разработан в Стэнфордском университете (США).

На спутник типа «Траяд-1» помещается гироскоп — кварцевая вращающаяся сфера, покрытая пленкой сверхпроводящего материала — ниобия. В сверхпроводящем состоянии такая сфера за счет вращения приобретает магнитный момент. Ориентация вектора магнитного момента в пространстве как раз задает положение спина гироскопа, которое можно отсчитывать по отношению к оси бортового телескопа, направленного на реперную звезду Ригель в созвездии Ориона. Изменение положения магнитного момента регистрируют магнитометры. Предполагается использовать наиболее чувствительные из них — квантовые магнитометры. Корректировка телескопа, естественно, не может вестись непрерывно из-за орбитального движения спут-

ника. Контроль будет происходить на каждом обороте в отрезок времени, когда звезда «захвачена» телескопом. Для выполнения эксперимента предстоит решить многие технические и технологические задачи. Но в случае успеха точность измерения геодезической прецессии должна составить 0,01%, спин-орбитальной — около 30%. Доработка всего комплекса оборудования по проекту «Релятивистский гироскоп» предусмотрена НАСА в программе полета космического корабля «Шаттл-10» в 1980 году.

Научное значение экспериментов в поле вращающейся массы велико. В эволюции наших представлений о пространстве и материи опыты с вращением сыграли заметную роль. Так, эксперименты (мысленные) с вращающейся системой отсчета послужили И. Ньютону доказательством существования абсолютного пространства. Э. Мах в этих же опытах усматривал подтверждение своего принципа: «инерция тел обусловлена притяжением далеких масс Вселенной». С теорией относительности на смену этим воззрениям приходит принцип эквивалентности: в свободно падающей системе отсчета скомпенсированы (локально) все гравитационные поля как удаленной материи, так и близких масс. Свободно падающий гироскоп не прецессирует в инерциальной (в своей собственной) системе отсчета. Но в системе, связанной со звездами (а телескоп в эксперименте ориентирован на звезду), прецессия наблюдается: ось гироскопа (инерциальная система отсчета) смещается по отношению к звездам из-за влияния гравитационного поля Земли, которое изменяется благодаря вращению. По этой причине эксперимент «Релятивистский гироскоп» часто называют измерением «сноса инерциальной системы отсчета».

Мы рассказали лишь о некоторых применениях в гравитационных исследованиях свободного от сноса спутника. Назначение его разнообразно. Он может измерять плотность верхних слоев атмосферы, межпланетной плазмы, распределения метеорных частиц.



Гироскоп на орбите вокруг Земли



ЧЕРНАЯ ДЫРА В СОЗВЕЗДИИ СКОРПИОНА?

Звезда V 861 в созвездии Скорпиона — спектрально-двойная. Один из ее компонентов — горячий сверхгигант, в спектре которого наблюдаются эмиссионные линии. Судя по профилям этих линий, вокруг сверхгиганта должна быть расширяющаяся оболочка. Другой, невидимый компонент системы, как установил еще в 1971 году американский астроном Н. Уолкер, — очень массивный объект. Уолкер вычислил элементы орбиты, которая оказалась почти круговой. Период обращения компонентов равен 7,848 суток. С этим же периодом меняется блеск звезды. Средний видимый блеск V 861 Скорпиона 6,3^m, расстояние до нее около 2,5 кпс.

В 1978 году приборы орбитальной астрономической обсерватории «Коперник» зарегистрировали рентгеновское излучение источника ОАО 1653—40, отождествляемого со звездой V 861 Скорпиона. Поток рентгеновского излучения невелик и составляет 3% потока от Крабовидной туманности. Самое интересное, что наблюдаются затмения рентгеновского источника с периодом, равным орбитальному периоду звезды V 861 Скорпиона. Начало рентгеновского затмения совпадает с началом затмения сверхгигантом невидимого компонента.

Поскольку мы знаем (хотя и не очень точно) массу сверхгиганта и параметры орбиты, можно оценить массу невидимого компонента. Минимальное ее значение 5, максимальное — 12 солнечных масс. Как

известно, возможная масса нейтронной звезды заключена в пределах 1,5—3 солнечных. Следовательно, невидимый компонент не может быть нейтронной звездой, а тем более белым карликом (предельная масса белых карликов около 1,5 солнечной). Остается предположить, что это — черная дыра. Рентгеновское излучение возникает при аккреции на черную дыру вещества, перетекающего со сверхгиганта. Существование в двойной системе V 861 Скорпиона потоков вещества, движущихся со скоростью примерно 800 км/с, обнаружено по ультрафиолетовым спектрам, которые также получены со станции «Коперник».

«Циркуляр МАС», 3234, 1978.

УДАРНАЯ ВОЛНА В СИСТЕМЕ V 861 СКОРПИОНА?

Не только аккрецией вещества на черную дыру можно объяснить (см. предыдущую заметку) рентгеновское излучение от двойной системы V 861 Скорпиона. Данные наблюдений, по мнению Г. С. Бисноватого-Когана, Р. А. Сюняева, А. М. Черепашука и Н. И. Шакуры, не противоречат и предположению о том, что рентгеновское излучение генерируется горячим газом в ударной волне. Ударная волна может образовываться перед невидимым компонентом системы — горячей карликовой звездой — в результате его обдувания мощным потоком звездного ветра, который истекает с поверхности второго компонента — горячего сверхгиганта.

Если невидимый компонент системы V 861 Скорпиона — черная дыра, то область, испускающая рентгеновское излучение, невелика: 10^7 — 10^8 см. Если же рентгеновское излучение связано с ударной волной, то эта область сравнима с радиусом звезды: порядка 10^{11} — 10^{12} см. При затмении сверхгигантом области ударной волны интенсивность рентгеновского излучения может уменьшаться не до нуля. Обнаружение вторичного минимума на рентгеновской кривой блеска станет решающим в выборе между двумя различ-

ными гипотезами происхождения рентгеновского излучения в системе V 861 Скорпиона.

«Астрономический циркуляр», 1006, 1978.

БАРСТЕРЫ И РЕНТГЕНОВСКИЕ ПУЛЬСАРЫ

Открыто уже более десятка рентгеновских источников в тесных двойных системах. Один компонент такой системы — нормальная звезда, второй — компактный объект (нейтронная звезда либо, возможно, черная дыра). Аккреция вещества, перетекающего с нормальной звезды на компактный объект, приводит к сильному излучению в рентгеновском диапазоне. Многие из этих источников оказались рентгеновскими пульсарами («Земля и Вселенная», № 1, 1977, с. 29—35. — *Ред.*).

В последние годы обнаружено около 30 рентгеновских источников как будто бы другой природы. Вместо слабых короткопериодических пульсаций у них наблюдаются квазирегулярные сильные всплески с характерной длительностью от нескольких секунд до минут и интервалом между всплесками от нескольких часов до дней. Эти источники назвали барстерами («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 44—45. — *Ред.*). Известен «быстрый» барстер МХВ 1730—3335, у которого наблюдается около 4000 всплесков в сутки. По мнению члена-корреспондента АН СССР И. С. Шкловского, барстеры не новый тип объектов, а определенный класс рентгеновских источников в двойных системах, подобных Геркулесу X-1, Лебедю X-2, Скорпиону X-1 («Земля и Вселенная», № 5, 1975, с. 34—38. — *Ред.*).

И. С. Шкловский обратил внимание на то, что у «быстрого» барстера излучение между всплесками практически отсутствует. Такие всплески естественно объяснить выделением гравитационной энергии при дискретной аккреции вещества на нейтронную звезду в тесной двойной системе. Дискретность ак-

креции И. С. Шкловский предлагает считать общим свойством рентгеновских источников. У большинства из них всплески настолько часты, что они «перекрываются». Для многих барстеров наиболее приемлема модель термоядерных вспышек в аккрецируемом веществе на поверхности нейтронной звезды. Но такое же объяснение предложено и для рентгеновских источников звездной природы. Значит, один и тот же процесс должен происходить в том или ином масштабе во всех рентгеновских источниках, образующих двойную систему.

Вспышечная активность временами проявляется и у старых рентгеновских источников, например у Скорпиона X-1, причем длительность и спектральные характеристики вспышек напоминают вспышки барстеров. Подтверждает гипотезу И. С. Шкловского отождествление трех барстеров со слабыми голубыми звездами, похожими на оптические компоненты источников Геркулес X-1 и Скорпион X-1. И, наконец, удивительно сходство пространственного распределения барстеров и старых рентгеновских источников в двойных системах.

«Письма в Астрономический журнал», 4, 6, 1978.

МАСКОН НА МАРСЕ

В октябре 1977 года орбитальный отсек межпланетной станции «Викинг-2» был переведен на орбиту, проходящую в 300 км над поверхностью Марса. Приборы этого космического аппарата зафиксировали необычайное усиление гравитационного поля в северном полушарии планеты, вблизи Isidis Regio (Страна Исиды), несмотря на то, что местность здесь низменная. По мнению американского ученого В. Сьегрена, вблизи древнего бассейна Isidis Regio расположена избыточная масса, подобная лунным масконам («Земля и Вселенная», № 3, 1970, с. 32—38.—Ред.).

«Science News», 113, 17, 1978.



ГЕРКУЛИНА И ЕЕ СПУТНИК

В 1904 году М. Вольф в Гейдельберге открыл астероид, получивший порядковый номер 532 и название Геркулина. До недавнего времени Геркулина считалась рядовым астероидом. Двигается она по слабывтянутой орбите (эксцентриситет 0,179), наклоненной к эклиптике на 16° . Большая полуось орбиты равна 2,77 а. е. Радиометрические и поляриметрические наблюдения Геркулины, проведенные в последние годы, показали, что это довольно светлый астероид. Его поверхность покрыта каменистым веществом, сходным с веществом каменных метеоритов. Поэтому Геркулину относят к многочисленному классу каменных астероидов, в отличие от углистых астероидов, поверхность которых сложена веществом, похожим на вещество углистых метеоритов. Размеры Геркулины оцениваются приблизительно в 220 км.

Летом 1978 года Геркулина была видна в созвездии Девы. Ожидалось, что 7 июня Геркулина (блеск ее составлял около 9,5^m) окажется на пути света, идущего к Земле от одной из звезд (блеск 6^m) созвездия Девы. Произойдет редкое явление — покрытие звезды астероидом. Тень Геркулины должна пробежать по земной поверхности, пересекая Аризону, Неваду и Калифорнию. Наблюдение за этим покрытием было очень важно, так как позволяло по его длительности определить поперечник тени, отбрасываемой астероидом, а затем и размеры самого астероида. Ведь расстояние до Геркулины в момент наблюдений было известно.

К наблюдениям Геркулины подготовились весьма тщательно. В разных пунктах, по-разному расположенных внутри полосы, где наблюдалось покрытие, его продолжительность была различной — от 17,3 до 23,5 секунды. Используя эти данные, Э. Боуэли и Л. Вассерман из обсерватории Ловелла во Флагстаффе (Аризона) рассчитали размеры Геркулины, полагая, что она имеет сферическую форму. Ее диаметр составил 243 км. Подтверждены прежние оценки диаметра астероида, полученные другими методами.

Расшифровка фотоэлектрических записей хода покрытия привела к сенсационному результату — за полторы минуты до начала предвычисленного и наблюдавшегося во Флагстаффе покрытия прибор зарегистрировал еще одно «затмение» звезды! Оно имело меньшую продолжительность — всего 5,1 секунды. Это покрытие отметили также наблюдатели в Борне (550 км к западу от Флагстаффа).

Вряд ли можно сомневаться, что причиной второго «затмения» был еще один астероид. Но совершенно невероятно, чтобы астероид, не связанный с Геркулиной, мог почти одновременно с ней отбросить тень на то же самое место земной поверхности. Поэтому сделан вывод, что второй астероид — спутник Геркулины. Такой спутник у астероида обнаружен впервые.

Диаметр спутника Геркулины, определенный по длительности покрытия им звезды, примерно 45 км. В момент наблюдений он находился в 0,866 угловой секунды от Геркулины. На расстоянии Геркулины от Земли в направлении, перпендикулярном лучу зрения, это соответствует приблизительно 980 км. Таков нижний предел радиуса орбиты спутника.

«Sky and Telescope», 56, 3, 1978.



Член-корреспондент АН СССР
Н. С. ЛИДОРЕНКО
Доктор технических наук
М. М. КОЛТУН

Спутники — преобразователи солнечной энергии

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Солнечные батареи на искусственных спутниках Земли, превращающие солнечный свет в электрический ток, — несомненно, будущее большой энергетики. Человечество станет снабжать себя энергией, не разрушая и не нарушая окружающей среды.

Во второй половине XIX века было замечено, что пластинки селена при освещении начинают вырабатывать электрический ток — процесс, получивший впоследствии название внутреннего фотоэффекта. Примерно в это же время (в 80-е годы XIX века) русский профессор А. Г. Столетов открыл явление **внешнего фотоэффекта**. При освещении светом одной из двух металлических пластинок, помещенных рядом в стеклянной колбе, из которой был откачан воздух, между пластинками возникал электрический ток. Свет оказался способным сообщить электрическим зарядам одной из пластинок достаточно энергии для того, чтобы они «перелетели» через вакуумный промежуток к другой пластинке и замкнули электрическую цепь.

В начале XX века **внутренний фотоэффект** был обнаружен у ряда новых веществ (помимо селена) — закиси меди, сульфидов свинца и серебра, хлористого таллия. Однако только в середине 30-х годов, когда установили отличие электронной структуры полупроводников от структуры металлов и изоляторов, исследования по фотоэлектрическим явлениям в твердых телах получили новый мощный толчок. За открытиями теории последовали успехи техники.

Было установлено, что одна из важных особенностей полупроводников — наличие энергетической «щели» между связанными и свободными состояниями электронов. Если полупроводник освещается светом, энергия которого больше ширины «щели», то связанный электрон, усвоив энергию света, получает возможность «перескочить» щель и оказаться в семействе свободных электронов. По полупроводнику начинает протекать избыточный ток.

Тщательные исследования проводимости полупроводников в магнитном поле показали, что под действием тепла и света в них могут появляться не только избыточные отрицательные заряды — электроны, но и избыточные положительные заряды — «дырки». Как выяснилось, «дырки» возникают в местах, откуда «ушли» электроны. Когда электрон находился в связанном состоянии, его заряд уравновешивался положительными зарядами ядер. Электрон ушел, стал свободным, а оставленное им место — «дырка» — оказалось заряженным положительно.

«Дырка» притягивает к себе соседние электроны и за счет таких электронных «перескоков» начинает сама двигаться в противоположном направлении. Благодаря этому в полупроводнике появляются разноименно заряженные подвижные заряды — основа любого генератора тока. Создание

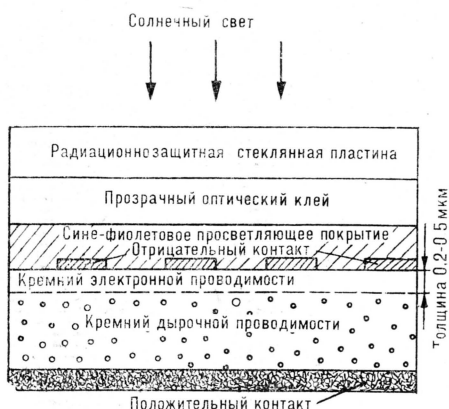
полупроводникового источника электроэнергии осложнялось тем, что электроны и «дырки» образовывались под действием света на очень близких расстояниях друг от друга и почти мгновенно соединялись вновь, нейтрализуя свои заряды.

Как же развести их на достаточно большое расстояние и направить в электрическую цепь? Долгое время физикам не удавалось это сделать, однако в начале 50-х годов нашего столетия почти одновременно ученые США и СССР добились успеха — создали первые солнечные элементы, превращавшие 4—6% солнечного света в электроэнергию.

Физики сумели развести заряды с помощью электрического поля. В тонкие пластинки кремния с примесью фосфора при высокой температуре вводили бор. На границе двух полупроводниковых слоев (кремния с бором и кремния с фосфором) возникало сильное направленное электрическое поле. При освещении такой пластины образовывались электроны и «дырки», которые под действием поля быстро разводились в разные стороны. На обе стороны тонкой пластинки наносили тонкие металлические контактные пленки: на освещаемую поверхность — в виде сетки, на теневую — сплошным слоем. Положительные и отрицательные заряды направлялись к разным контактным слоям и затем в электрическую цепь.

«...Каждый луч света, не уловленный нами, а бесследно отразившийся назад в мировое пространство, — кусок хлеба, вырванный изо рта отдаленного потомка».

К. А. Тимирязев



В 1958 году произошло знаменательное событие в судьбе нового преобразователя энергии. Вышел на орбиту третий советский искусственный спутник Земли, на борту которого были установлены кремниевые солнечные элементы, снабжавшие электроэнергией радиопередатчики спутника. Началась эра бурного развития полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. Освоение космического пространства нуждалось во все более сложных и разнообразных космических аппаратах, а они, в свою очередь, — в усиленном снабжении электроэнергией. Солнечные элементы изобрели вовремя!

ВОПРОКИ ВСЕМ НЕВЗГОДАМ КОСМОСА

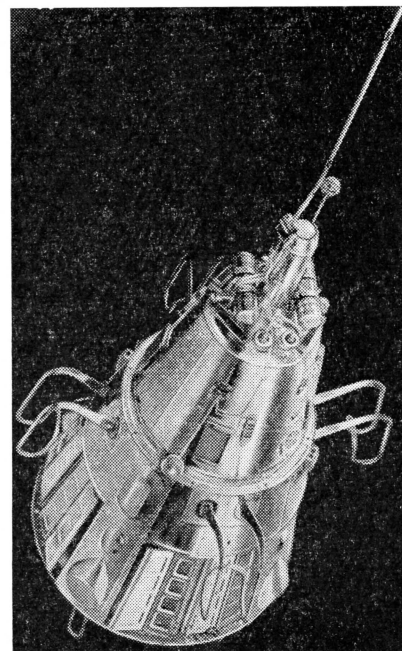
Наряду с солнечными элементами для космических аппаратов были предложены и другие источники электроэнергии — термогенераторы, работавшие от изотопного источника тепла или от Солнца, топливные элементы, превращающие в электрический ток химическую энергию находящихся под большим давлением газов — кислорода и водорода. И все же наиболее простой и, главное, надежной оказалась система энергоснабжения, сочетающая солнечные элементы с электрохимическими аккумуляторами. На освещенной Солнцем части орбиты спутника солнечные элементы вырабатывают электроэнергию, используемую для питания аппаратуры и для зарядки аккумуляторов; на

Кремниевый солнечный элемент

теневой части орбиты спутник получает электроэнергию от электрохимических аккумуляторов. Современные аккумуляторы выдерживают много тысяч разрядно-зарядных циклов, и, казалось бы, что система энергоснабжения, основанная на сочетании солнечных элементов с аккумуляторами, сможет десятки лет бесперебойно, без ухудшения свойств работать в космосе. Однако эта надежда оправдалась лишь для спутников с низкими орбитами, проходящими под радиационными поясами Земли, и для межпланетных автоматических станций, направляемых, например, в сторону Венеры или Марса и пересекающих радиационные поясы лишь один раз. Как известно, орбитальная станция «Салют», получающая энергию от солнечных элементов, расположенных на выносных панелях — «крыльях», много месяцев проводит на орбите, не изменяя своих параметров.

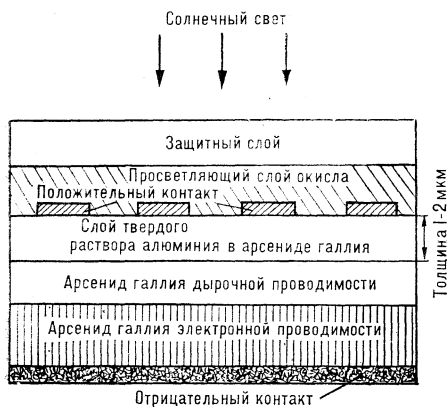
Для спутников, которые по условиям работы должны часто (иногда несколько раз в сутки) пересекать радиационные поясы Земли, обычные солнечные элементы совершенно не подходят: через месяц отдаваемая ими мощность уменьшается до 20—30% от своего первоначального значения.

Электроны и протоны — основные частицы, составляющие радиационные поясы. Когда они попадают внутрь полупроводника, то вызывают каскадные смещения атомов и образуют многочисленные структурные дефекты, на которых погибают носители заряда, возникшие под действием солнечного света. Особенно сильно ухудшаются характеристики солнечных элементов от воздействия протонов и электронов низких энергий (до 0,5—1 МэВ), поскольку последние поглощаются в поверхностных слоях полупроводника, где происходят основные процессы преобразования солнечной энергии. К тому же, чем меньше энергия частиц, тем больше их число в радиационных поясах. Однако именно эти особенности радиационного повреждения солнечных элементов позволили найти эффективный способ защиты. Солнечные элементы снабдили оптиче-



скими покрытиями толщиной от 0,1 до 1 мм, которые поглощают электроны и протоны низких энергий, пропуская в полупроводник лишь частицы высоких энергий, не представляющие большой опасности. Очень сложно было найти материал для радиационнозащитных покрытий: поглощая большие дозы радиации, покрытия должны были оставаться совершенно прозрачными, чтобы свет продолжал беспрепятственно проходить к солнечному элементу.

Третий советский искусственный спутник Земли с первыми космическими солнечными батареями



Прежде всего попробовали использовать обычное оконное стекло. Однако первые же испытания на ускорителях частиц показали, что, усвоив дозу протонов и электронов, которую спутник связи «Молния» получает всего за 15 дней полета, оконное стекло становится коричневым и плохо пропускает свет.

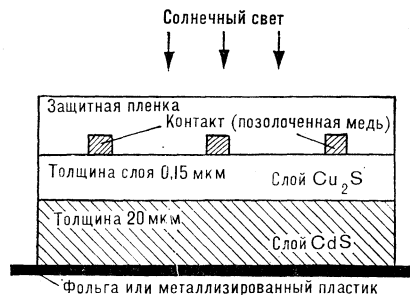
Вскоре стало ясно, что лишь три прозрачных материала выдерживают суровые условия радиационных поясов — искусственный сапфир (чистая окись алюминия), плавленый кварц и особое радиационностойкое стекло с добавками двуокиси церия. На первом американском спутнике связи «Телестар» для защиты солнечных элементов от радиации использовали сложную конструкцию: над керамическими коробочками с солнечными элементами были укреплены с помощью платиновых прокладок защитные пластинки из искусственного сапфира. В СССР для защиты солнечных элементов спутников связи «Молния» применяется более простой и надежный способ: к каждому элементу светостойким кремнийорганическим клеем составом приклеивается пластинка из радиационностойкого стекла. На этот способ защиты вскоре перешли и конструкторы других «космических» стран, в том числе США. Еще две неприятности подстерегали солнечные элементы в космосе — потемнение покрытий под действием ультрафиолетового излучения и разрушающее

Солнечный элемент на основе арсенида галлия

действие резкой смены температуры при заходе в тень Земли, где на некоторых орбитах элементы могут охлаждаться до -150°C . Обе проблемы удалось решить, подобрав для покрытий, контактных систем и клеящих слоев материалы, стойкие к воздействию ультрафиолетового излучения и сохраняющие высокую эластичность даже при очень низких температурах. Благодаря последнему свойству температурные напряжения, возникающие в солнечном элементе при охлаждении, не разрушают его. Теперь применение солнечных элементов в космосе не имеет ограничений: на космических аппаратах любого назначения солнечные элементы могут с гарантией работать десятки лет.

НАУЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Основная задача, стоящая перед разработчиками солнечных элементов, — максимально увеличить их КПД. В течение нескольких лет коэффициент преобразования солнечной энергии в электрическую в космосе кремниевыми солнечными элементами держался на уровне 10—12%. Лишь совсем недавно, с появлением новых полупроводниковых материалов, удалось резко поднять КПД преобразования солнечного излучения. На Всемирном электротехническом конгрессе, состоявшемся в Москве 21—25 июня 1977 года, была заслушана несколько десятков докладов, в которых подводились итоги исследований, проведенных в СССР, США, Японии, ФРГ, Франции, Италии и других странах. Группа ученых из Москвы (Н. С. Лидоренко, Г. С. Далецкий, М. Б. Каган) и Ленинграда (В. М. Тучкевич, Ж. И. Алферов, В. А. Андреев) представили объединенный доклад. Они сообщили о разработке солнечных элементов на основе арсенида галлия с КПД, равным 16—17% при освещении солнечным излучением вне атмосферы и 20—22% — при работе в земных условиях. В яркий солнечный день на 1 м^2 поверхности земли в полдень падает солнечное излучение мощностью около 1 кВт. Если покрыть этот квадратный метр таки-

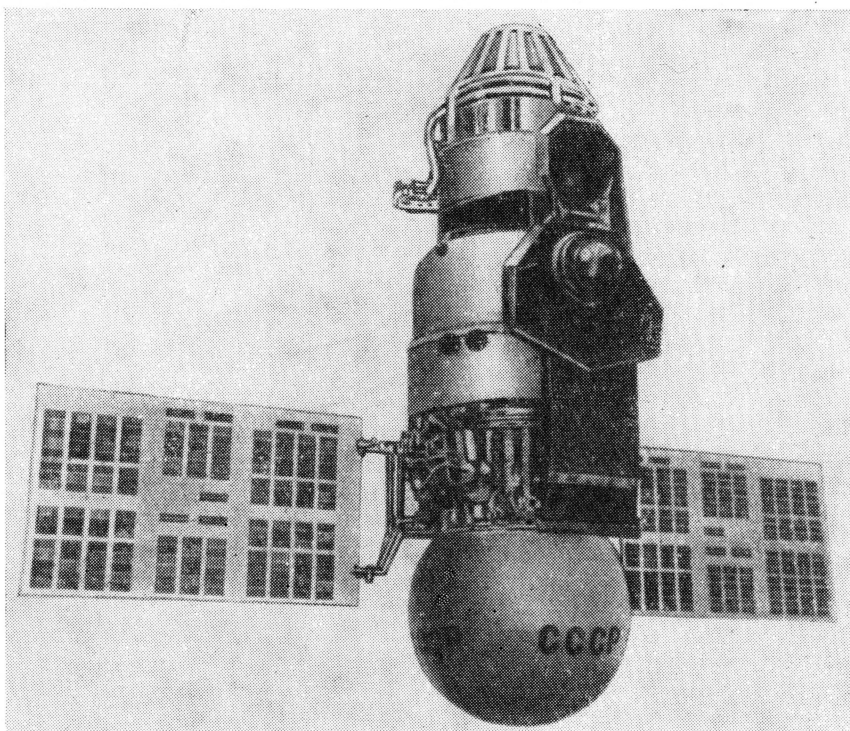


ми фотоэлементами, то от него может быть получено более 200 Вт электроэнергии! Столь высокие значения КПД удалось получить, создав на поверхности арсенида галлия тонкую пленку другого полупроводникового материала, представляющего собой твердый раствор алюминия в арсениде галлия. Граница двух полупроводников обладает удивительными свойствами — она не позволяет носителю заряда, рожденным вблизи нее, погибнуть, направляет их к области внутри кристалла, где расположено сильное электрическое поле (на стыке слоев с дырочной и электронной проводимостью), и тем самым резко увеличивает количество носителей, попавших в электрическую цепь к полезной нагрузке.

Советские исследователи сделали еще несколько интересных докладов, посвященных новым типам солнечных элементов из кремния, конструкциям и результатам полетов солнечных батарей по программам «Луноход» и «Венера», солнечным термоэлектрическим генераторам.

В докладах американских ученых были интересные для практического использования в космосе и на Земле сведения о новых конструкциях солнечных элементов с рельефной «вельветовой» поверхностью и со сверхтонкими и частыми контактными полосами. Такие элементы успешно работают при концентрациях солнечного излучения в 100 раз больше, чем обычный солнечный поток. Доклады

Схема тонкопленочного фотоэлемента для легких солнечных батарей космических аппаратов



японских ученых содержали очень полезную технологическую информацию об уменьшении стоимости солнечных элементов благодаря изготовлению их на основе тонких пленок, полученных «отслаиванием» от монокристаллической полупроводниковой пластинки.

Фотоэлектрический метод преобразования солнечной энергии, хорошо зарекомендовавший себя в космосе, начинает привлекать внимание исследователей, занимающихся проблемами земной энергетики. В США создано министерство энергетики, направляющее исследования по новым источникам энергии для использования на Земле. В СССР эти исследования координирует Комиссия по возобновляемым источникам энергии при Госкомитете Совета Министров СССР по науке и технике и комплексный Научный совет Академии наук СССР.

Солнечные батареи на выносных панелях — крыльях межпланетной автоматической станции «Венера»

СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ БУДУЩЕГО

Со времени запуска третьего советского искусственного спутника Земли возрос не только КПД солнечных элементов. Неизмеримо увеличились размеры космических солнечных генераторов, стали легче, удобнее, надежнее не только сами солнечные элементы, но и несущие их панели. Каждый кремниевый солнечный элемент генерирует в космосе ЭДС от 0,5 до 0,6 В и плотность тока короткого замыкания от 30 до 40 мА/см². Если необходимо получить от солнечных элементов большое напряжение, их соединяют между собой последовательно. Солнечные элементы, соединенные тончайшими проводниками и прикрепленные к несущей поверхности панелей, составляют солнечную батарею. На поверхности любых солнечных элементов (из кремния, арсенида галлия или сульфида кадмия) наносят для уменьшения отражения просветляющие покрытия, подобные тем, которые нанесены на объективы фотоаппаратов.

Эти покрытия позволяют пропустить в полупроводник на 40—50% больше света в зелено-красной области спектра. Фиолетово-синяя часть спектра, в которой солнечные элементы мало чувствительны, отражается, и после нанесения просветляющих покрытий это и определяет красивую небесную окраску солнечных батарей.

Первые солнечные батареи монтировались непосредственно на поверхности спутников. Затем для них стали делать из тонких металлических листов выносные панели. Во время запуска космического аппарата панели прижаты к корпусу спутника; после запуска по команде с Земли панели поднимаются и занимают положение, при котором солнечные лучи падают перпендикулярно на поверхность солнечных элементов.

Конструкторы стараются сделать панели как можно более легкими. Все чаще металлические панели заменяются сотовыми, состоящими из пленочных алюминиевых ячеек, соединенных тонкими листами стеклопластика, или рамными, представляющими собой, например, полимерные пленки, натянутые на рамы из металлических или стеклопластиковых трубок.

Благодаря этим усовершенствованиям масса 1 м² солнечных батарей за последние годы снизилась в несколько раз. Это очень кстати — ведь панели современных солнечных батарей занимают площадь в несколько десятков метров. Уже испытаны батареи (при полете американской лаборатории «Скайлэб»), площадь которых превышает 100 м². Такие батареи трудно использовать на низких орбитах из-за повышенной «парусности» и приходится принимать специальные меры для увеличения их жесткости — устанавливать дополнительные растяжки и перемычки, выбирать наиболее прочные, жесткие и легкие конструкционные материалы, например, композитные. Однако, еще большую трудность представляет выведение больших солнечных батарей на орбиту. Среди многочисленных конструкций наиболее перспективны две: складная конструкция в виде гармошки и рулонная, когда пленочная

несущая панель накручена на барабан, находящийся во время запуска под обтекателем. После запуска рулонная батарея начинает разматываться с барабана, занимая фиксированное положение в пространстве в виде языков-полотенцев, тянущихся во все стороны от космического аппарата.

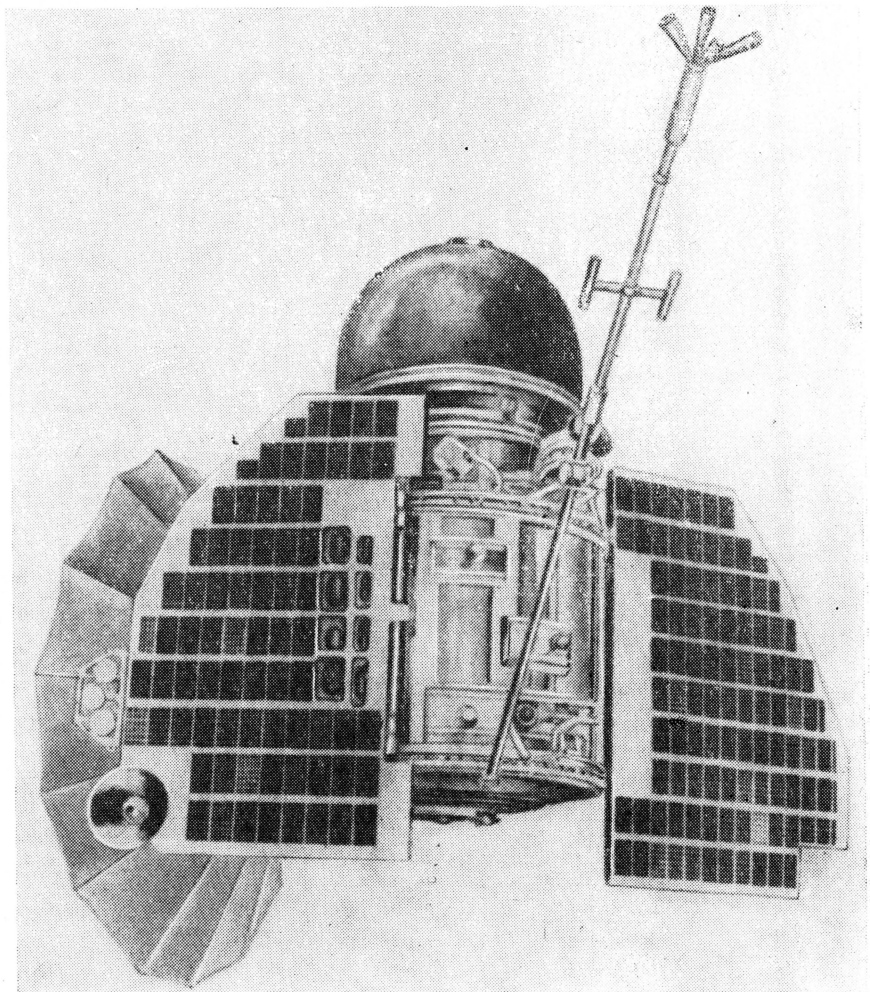
Поддерживают рулонную батарею в развернутом положении тонкие упругие металлические ленты или надуваемые газом рукава-опоры.

Недавно в ФРГ была разработана конструкция рулонной панели, масса 1 м^2 которой всего 1 кг. Уменьшение толщины самих солнечных элементов с 0,4 до 0,2 мм тоже позволяет почти без ухудшения КПД уменьшить массу 1 м^2 , занимаемого ими, до 1 кг. Таким образом, в будущем возможно использование солнечных батарей, 1 м^2 которых имеет массу всего 2 кг! Если эта солнечная батарея будет генерировать 100—120 Вт электроэнергии с 1 м^2 , то удельная характеристика солнечных батарей будущего выразится цифрой 50—60 Вт/кг.

Еще больших значений (70—80 Вт/кг) можно будет достичь, если использовать солнечные элементы, изготовленные не из монокристаллических полупроводниковых пластинок, а из тонких поликристаллических пленок сульфида кадмия и сульфида меди, нанесенных на металлизированную полимерную пленку.

Конечно, новым конструкциям панелей и солнечных элементов предстоит долгий путь технологических работ и тщательных наземных и космических испытаний. Однако сейчас, когда космические аппараты становятся все больше и требуют огромных количеств электроэнергии, резкое улучшение удельных характеристик солнечных батарей придется как нельзя кстати. Создатели солнечных элементов не хотят уступать своих позиций и в космической энергетике будущего.

Успехи в повышении КПД солнечных элементов, в улучшении и облегчении их конструкций, видимо, подсажали некоторым ученым очень смелые проекты будущих солнечных электростанций. Американский исследова-



тель П. Глэзер предложил развернуть в космосе солнечную батарею площадью 32 км^2 и передавать вырабатываемую мощность на Землю с помощью микроволнового излучателя. А недавно в печати появились сообщения, что в одной из космических лабораторий США с целью проверки этой идеи построена опытная линия микроволновой передачи энергии длиной 1,5 км.

Возможно, пройдет несколько лет и мы окажемся свидетелями создания космических солнечных электро-

станций большой мощности. Если от- решиться от больших технических трудностей, такие электростанции имеют несомненное преимущество перед земными. Ведь их можно вывести на стационарную орбиту высотой 36 тыс. км, где 24 часа в сутки светит Солнце, в то время как земные солнечные станции всецело зависят от туч на небосклоне.

Когда академик Н. Н. Семенов в начале космической эры высказал мысль о том, что когда-нибудь солнечные батареи покроют поверхность Луны и вырабатываемая ими энергия будет передаваться на Землю, то его слова воспринимались как мечта...

Солнечные батареи на межпланетной автоматической станции «Марс»



Кандидат физико-математических наук
Ю. Л. ТРУТЦЕ
Кандидат физико-математических наук
Н. Ф. ЕЛАНСКИЙ
Кандидат химических наук
И. Я. СКЛЯРЕНКО

Озон и загрязнение стратосферы

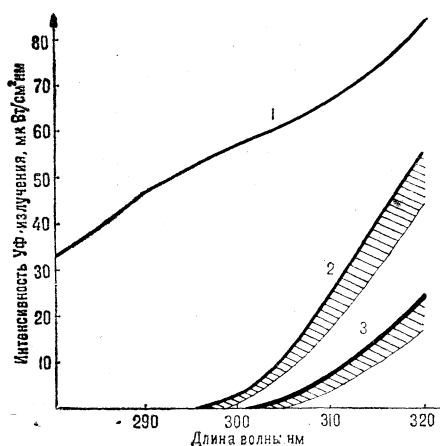
ОЗОННЫЙ ЩИТ ЗЕМЛИ

Жизнь на нашей планете почти полностью определяется энергией, приходящей от Солнца. Солнечное излучение, достигая Земли, претерпевает значительные изменения в земной атмосфере, сквозь которую оно проходит.

Атмосфера не всегда была такой, какова она теперь. В ходе эволюции Земли она также изменялась. Изменялся ее состав, образовывались новые компоненты. Один из таких компонентов — озон — имеет большое значение для жизни Земли. Он обладает способностью во много раз ослаблять биологически активную часть солнечного ультрафиолетового излучения, которое может оказывать вредное воздействие на биосферу. Слой этого газа называют озоновым щитом Земли. Озон не только защищает Землю от чрезмерной дозы ультрафиолета. Он также выполняет роль посредника в передаче солнечной энергии атмосфере и тем самым способствует нагреванию верхних ее слоев и служит одной из причин возникновения атмосферной циркуляции.

Изменения состава атмосферы в прошлом происходили очень медленно, так что растительный и животный мир Земли успевал к ним приспособиться. Однако в последнее время в связи с бурным развитием промышленности и сельского хозяйства воздействие человеческой деятельности на окружающую среду сильно возросло. Бесплановые и хищнические методы ведения хозяйства и необдуманное вторжение в природные процессы нередко приводят к трагиче-

Озонный слой в стратосфере — своеобразный природный экран, защищающий Землю от чрезмерной дозы солнечной ультрафиолетовой радиации. В последнее время появилось много сообщений о губительном влиянии человеческой деятельности на толщину озонового слоя. Каково же в действительности это влияние?



Такова интенсивность ультрафиолетовой солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность за пределами атмосферы (1), на земном экваторе (2) и на широте Москвы (3) в полдень 23 сентября. Заштрихованные области — колебание потока ультрафиолетовой радиации при различном содержании озона в атмосфере

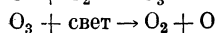
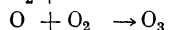
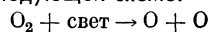
ским последствиям, например, к резкому изменению климата или гидрологических условий. В нашей стране бережное, рациональное отношение к природным ресурсам, охрана окружающей среды и в том числе атмосферы стали одним из основных законов, нашедшим отражение в Конституции СССР. Эти задачи поставлены перед наукой, и цель ее не только удовлетворить потребности сегодняшнего дня, но и создать базу для будущих поколений.

До недавнего времени под чистой атмосферой практически понимали чистоту воздуха «на уровне дыхания», то есть в нижнем ее слое. Это вполне оправданно, ведь речь идет о здоровье людей. Однако впоследствии оказалось, что не менее важно сохранить чистоту верхней атмосферы и, в первую очередь, содержащийся там озон. Понимание огромной роли озонового слоя в формировании условий жизни на Земле стимулировало ученых детально разобраться в том, как образуется этот газ и какие факторы оказывают на него влияние.

КАК ОБРАЗУЕТСЯ И РАЗРУШАЕТСЯ ОЗОН?

В 1930 году американский ученый С. Чепмен разработал фотохимическую теорию озона, в основе которой лежали химические реакции с участием только атомов и молекул кислорода. Согласно этой теории, озон (O_3) возникает при воздействии коротковолновой части ультрафиолетового солнечного излучения (солнечного света) на молекулы кислорода («Земля и Вселенная», № 2, 1975,

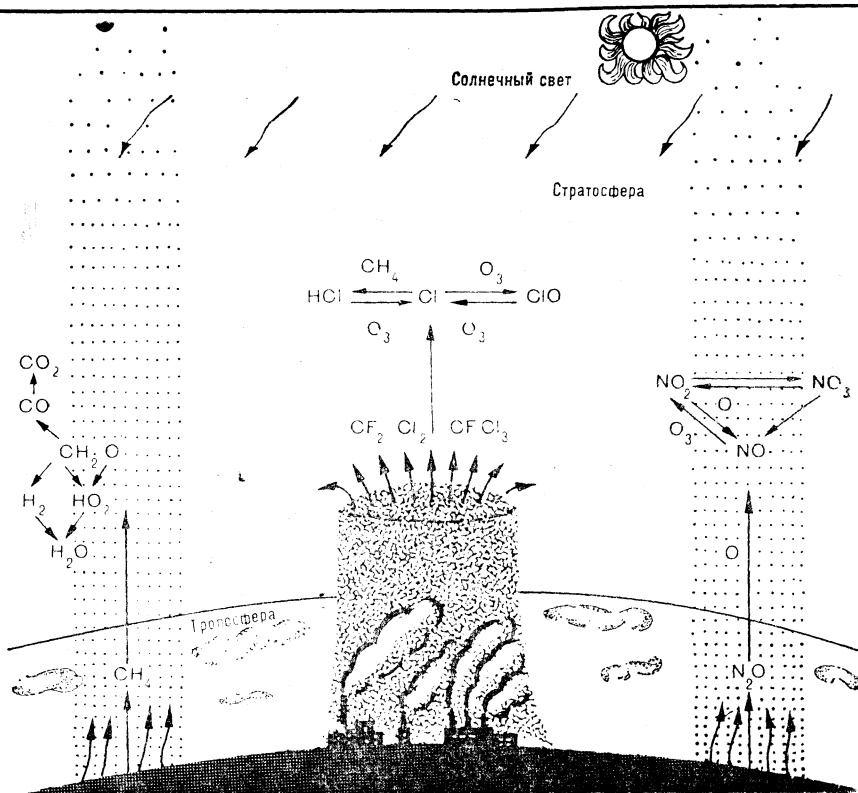
с. 47—51.— Ред.). Реакции происходят по следующей схеме:



Солнечный свет, который образует озон, также и разрушает его. Комбинация процессов образования и разрушения озона приводит к тому, что количество озона поддерживается на некотором постоянном уровне. С помощью фотохимической теории можно было в первом приближении объяснить поведение озона в атмосфере, предсказать возможные изменения его количества и распределения в зависимости от режима солнечного излучения. Однако эксперименты показывали, что в атмосфере озона содержится меньше, чем это следовало из теории. Позднее выяснилось, что недооценивали роль многочисленных малых газовых примесей, разрушающих озон. Их обнаружили в атмосфере в последние годы.

Примеси эти обязаны своим происхождением естественным процессам, которые протекают в земной коре, океане, воздухе, почве, растениях. Например, закись азота (N_2O) и метан (CH_4) — продукты жизнедеятельности микроорганизмов, обитающих в почве. Вблизи земной поверхности объемная концентрация закиси азота весьма велика — около $0,3 \cdot 10^{-6}$, а метана $1,5 \cdot 10^{-6}$. Эти малые примеси очень активны. В результате различных превращений из них в воздухе образуются окись и двуокись азота (NO и NO_2), азотистая и азотная кислота (HNO_2 и HNO_3), водород (H_2), окись углерода (CO), формальдегид (H_2CO) и т. д. Предполагают даже, что озон образуется не только в стратосфере, но и в нижних слоях атмосферы в результате реакций окислов азота и метана.

Воздух нельзя рассматривать, как механическую смесь газов. Это — среда, где происходит множество превращений, и количество каждой примеси зависит от содержания других газов. Количество озона в воздухе определяется концентрацией водяного пара, окислов азота, метана,



различных соединений хлора (HCl , фреоны и т. д.), некоторых свободных радикалов. С каждым годом ученые расширяют набор веществ и химических реакций, которые могут влиять на озонный щит Земли.

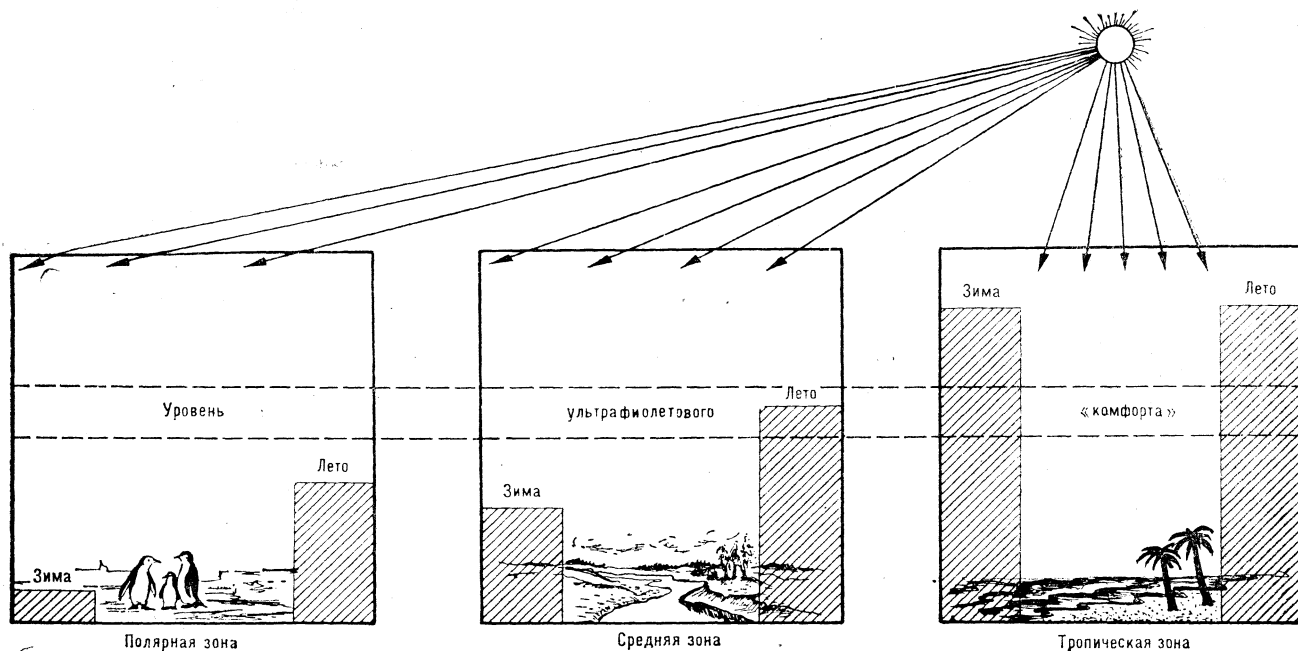
На нашей планете за миллионы лет сложилось устойчивое соотношение между поступлением газов от природных источников в атмосферу, их стоком (разрушением) и общим количеством озона. Нарушение этого соотношения может привести к нежелательным последствиям. Общее количество атмосферных газов антропогенного происхождения сегодня уже конкурирует с ежегодным выделением их природными механизмами. К тому же, в атмосферу поступают и такие вещества, которых раньше было ничтожно мало (например, соединения брома).

Одна из возможных причин уменьшения озонного слоя — **возрастающее применение азотных удобрений**. Закись азота, выделяющаяся из почвы

и поступающая в атмосферу, окисляется. В результате появляются химические соединения, которые разрушают озон. Исходя из данных о применении азотных удобрений в настоящее время и об использовании их в будущем, некоторые исследователи считают, что к 2000 году толщина озонного слоя может уменьшиться на несколько процентов. Однако из-за недостаточной изученности влияния удобрений на газовыделение из почвы надежность этих оценок невелика.

Существуют еще два фактора, воздействующие на озонный слой. Первый связан с **ядерными взрывами в атмосфере**. Несмотря на договор о запрещении ядерных испытаний, Ки-

Схема химических циклов, приводящих к разрушению озона в стратосфере. Важный фактор в процессе преобразования химических веществ в атмосфере — солнечный свет



тай и Франция производят взрывы водородных бомб в атмосфере. В результате образуется большое количество окислов азота, разрушающих озоновый слой. Американский спутник «Нимбус-4» зарегистрировал в 1970 году некоторое понижение содержания озона в районе взрыва двухмегатонной французской водородной бомбы над одним из островов в Тихом океане. Эффект, правда, был кратковременным.

Второй фактор, воздействующий на озоновый слой, — газы, **выбрасываемые сверхзвуковыми самолетами и ракетами**. Однако оценки показывают, что планируемые в настоящее время полеты не окажут заметного влияния на толщину озонового слоя.

В последние годы новым источником атмосферных примесей стали считать фреоны 11 и 12 (CFCl_3 и CF_2Cl_2), широко используемые в промышленности. Из-за большой химической устойчивости и малой растворимости эти вещества, попадая в атмосферу, сохраняются в ней многие годы. Предполагают, что к настоящему времени их накопилось в атмосфере несколько миллионов тонн. Достигая высоких слоев атмосферы, фреоны распадаются под действием

ультрафиолетового излучения Солнца, в результате образуется атомарный хлор, который разрушает озон. Правда, на сегодняшний день эффективность хлорного механизма в разрушении озона примерно в 10—15 раз меньше эффективности окислов азота, которые регулируют количество озона с незапамятных времен.

Однако удвоение мирового производства фреонов примерно через каждые 7—10 лет вызывает у некоторых исследователей опасение за судьбу будущих поколений. Но для окончательных выводов нужно провести еще много исследований. Необходимо решить, какие источники галогенов, поступающих в стратосферу, играют главную роль — природные или промышленные. Известно, например, что при извержениях вулканов в атмосферу выбрасывается хлористый и фтористый водород (HCl и HF). Четыреххлористый углерод (CCl_4) также имеет естественное происхождение и по своему поведению напоминает фреоны. Экспери-

ментально пока не удается измерить в стратосфере количество атомов хлора и других важных компонентов. Но расчеты показывают, что до высоты 35 км основной источник атомов хлора — хлористый водород. Известно, что его общее количество в стратосфере по крайней мере в 10 раз превышает количество хлора, попавшего туда благодаря фреонам 11 и 12 от начала их производства до настоящего времени. Все это говорит о том, что в хлорном механизме разрушения озона на высоте, где содержится его основное количество, преобладает роль природных источников.

На атмосферный озон влияют также и **водородсодержащие соединения** — вода, метан и продукты его окисления. Водяной пар с трудом попадает в стратосферу, где температура почти всегда значительно ниже 0°C . Важным источником водородсодержащих соединений здесь может быть окисление метана.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Один только химический подход к проблеме загрязнения стратосферы и проблеме озона не позволяет де-

Уровень ультрафиолетовой радиации (заштрихованные области) в различных широтных зонах в зимний и летний периоды

лать надежные выводы и прогнозы на будущее. Ведь атмосфера находится в постоянном движении, которое играет громадную роль в распространении атмосферных примесей и в формировании озоносферы на планете. Чтобы получить наиболее полную картину распределения озона, необходимы, конечно, и геофизические исследования. Сейчас для решения этой проблемы делаются попытки объединить усилия химиков и физиков. Перед учеными стоит сложная задача. Пока еще нет достаточных сведений о динамической и химической структуре атмосферы, которые необходимы для расчетов. Предстоит дальнейшая работа по изучению озона и взаимодействию

с ним атмосферных примесей.

Однако теперь уже ясно, что некоторое уменьшение толщины озонового слоя не везде будет иметь отрицательные последствия. Известно, что северные территории земного шара испытывают «ультрафиолетовое голодание» (недостаток ультрафиолетовой радиации неблагоприятно сказывается на жизнедеятельности организмов, усиливает их восприимчивость к болезням). Уменьшение среднего содержания озона на 25% над Ленинградом в летнее время увеличило бы дозу коротковолновой радиации до такой, какую получают в это время отдыхающие в Крыму.

Исходя даже из самых пессимистических прогнозов, можно уверен-

но сказать, что к 2000 году каких-либо значительных неблагоприятных явлений, связанных с изменением толщины озонового слоя, не ожидается. К тому же все эти оценки не учитывают еще и того, что в самой атмосфере существуют обратные связи, которые компенсируют всякое резкое отклонение от среднего состояния. И значит, проблема еще более сглаживается. Тем не менее прогнозы, относящиеся к проблеме озона, имеют важное положительное значение, так как стимулируют развитие наших представлений об окружающем мире, бережное отношение к природе.

РАССЛОЕНИЕ В ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ИОНОСФЕРЕ

В 1959—1977 годах с научно-исследовательских судов «Академик Курчатов» и «Заря» осуществлялось вертикальное зондирование ионосферы. Анализ результатов, проведенный Н. П. Беньковой, К. Н. Васильевым, О. П. Коломийцевым и И. С. Прутенским (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР) показал, что в ионосфере над экватором происходит дополнительное расслоение области максимальной электронной концентрации (слоя F2 на высоте 300—400 км). Оно существенно изменяет вертикальную структуру слоя F2 и его параметры. Явление это, длящееся иногда более трех часов, можно наблюдать в любом районе в пределах 20-градусной зоны к северу и югу от магнитного экватора.

Расслоение экваториальной ионосферы локализовано в пространстве и во времени так, что его, по-видимому, можно использовать в качестве дополнительного ионосферного волновода для распространения коротких радиоволн. Располагается этот волновод на высоте 275—350 км.

Дополнительные экваториальные расслоения существенно отличаются

от таких же расслоений в средних и низких широтах. Характер их развития и время жизни говорят о том, что механизм образования всех этих явлений различный. Сейчас установлено, что причина расслоения в ионосфере средних широт — внутренние атмосферные гравитационные волны. Для экваториальной области пока нет единой точки зрения.

«Геомagnetизм и аэрoнoмия», 18, 6, 1978.

ЗОНЫ НАКОПЛЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

В последние годы стало известно, что крупные области накопления нефти и газа приурочены к краевым участкам литосферных плит. С этими районами связано около 90% открытых запасов нефти.

Член-корреспондент АН СССР Н. В. Черский и В. П. Царев (Институт физико-технических проблем Севера Якутского филиала Сибирского отделения АН СССР) проанализировали причины такой связи. Во-первых, процессы преобразования углеводородов в нефть и газ на окраинах литосферных плит ускоряются из-за аномально большой величины теплового потока, поступающего из недр Земли. Расчеты

показывают, что тепловой поток здесь вдвое больше, чем на древних щитах.

Во-вторых, на образование нефти и газа влияет сейсмическая активность. Об этом свидетельствуют и модельные эксперименты, в которых удалось установить, что сейсмические волны определенной частоты ускоряют преобразование ископаемых углеводородов. Наиболее активны в сейсмическом отношении как раз пограничные участки литосферных плит (к ним приурочены пояса землетрясений). В этих высокоомобильных тектонических зонах преобразование углеводородов начинается на глубине в несколько сот метров и протекает в десятки и сотни раз интенсивнее, чем в пассивных районах. Акустические поля, создаваемые здесь сейсмическими волнами, в 40—50 раз ускоряют процессы, которые приводят к разделению воды, нефти и газа. Поэтому в активных сейсмических зонах рассеянные углеводороды сливаются в струи гораздо быстрее, чем в пассивных областях.

Таким образом, вблизи границ литосферных плит углеводороды интенсивно генерируются. Нефть и газ накапливаются в наиболее молодых осадках зон генерации или в сопряженных, менее активных районах.

«Доклады АН СССР», 242, 3, 1978.



Доктор географических наук
Х. П. ПОГОСЯН

Атмосферные объекты и погода

ПОГОДА ФОРМИРУЕТСЯ В ТРОПОСФЕРЕ

Тропосфера — это нижний, относительно тонкий слой атмосферы, простирающийся до высот 9—16 км. Он существенно отличается от вышележащих слоев. Во всей тропосфере содержится от 70 до 90% массы атмосферы, а в самой нижней 5-километровой толще воздуха сосредоточена ее половина. И хотя в стратосфере, расположенной выше, также возникают фронтальные зоны и крупнейшие атмосферные вихри, интенсивного облакообразования здесь не происходит, а следовательно, не происходит и изменений погоды. Это связано с тем, что 90% массы водяного пара, играющего важную роль в формировании погоды, приходится на тот же самый 5-километровый слой тропосферы.

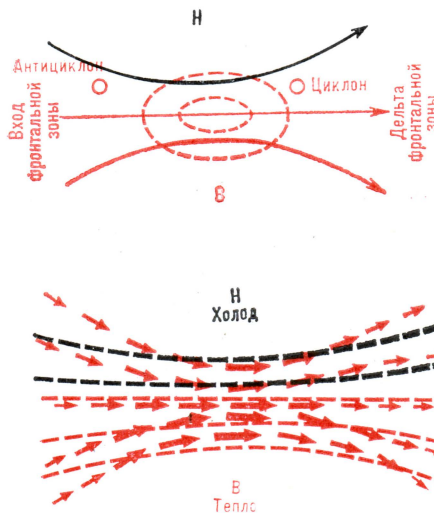
В отличие от других газов, входящих в состав атмосферы, количество атмосферного водяного пара в единичном объеме зависит от температуры. Чем выше температура воздуха, тем больше он может содержать влаги. При изменении температуры от +30 до -30°С содержание водяного пара в 1 м³ воздуха изменяется от 30 до 0,3 г. Как только количество водяного пара при данной температуре достигнет максимума, воздух, первоначально не насыщенный водяным паром, становится насыщенным. При дальнейшем охлаждении воздуха водяной пар превращается в мельчайшие капельки воды. Так возникают облака и осадки.

Погода интересует всех. Нередко по радио и телевидению с обзором и прогнозом погоды выступают синоптики. Они рассказывают о теплых и холодных воздушных течениях, атмосферных фронтах, подвижных циклонах и антициклонах. Что это за атмосферные объекты, как они связаны с погодой и как помогают ее предсказывать?

ФРОНТАЛЬНЫЕ ЗОНЫ И ФРОНТЫ

Так как воздух в тропосфере нагревается от поверхности Земли, а притекающая к ней солнечная радиация распределяется на земном шаре неравномерно, то возникает разность температур между высокими и низкими широтами Земли и постоянное движение воздуха. В результате во внетропических зонах почти непрерывно встречаются неоднородные теплые и холодные массы воздуха. Когда они сближаются, горизонтальные градиенты температуры, давления и влажности воздуха возрастают и ветры усиливаются. При удалении воздушных масс друг от друга градиенты уменьшаются, ветры ослабевают. Зоны сближения теплых и холодных масс воздуха называются **фронтальными зонами**. В тропосфере, выше 2—3 км над поверхностью, ширина фронтальных зон составляет около тысячи километров, длина — 2—3 тыс. км.

Структура фронтальных зон может быть следующей: в левой части зоны воздушные течения сходятся, и потому в центральной части фронтальной зоны ветры усиливаются до максимума. В правой части, где течения расходятся, ветры ослабевают. При такой структуре течений с севера обычно приходят холодные массы воздуха, а с юга — теплые, и интенсивность фронтальной зоны возрастает. Если же приток разнородных воздушных масс ослабевает или прекращается, фронтальная зона также ослабевает или разрушается. Во фронтальных зонах сосредоточены большие запасы энергии. Здесь усилен не только гори-



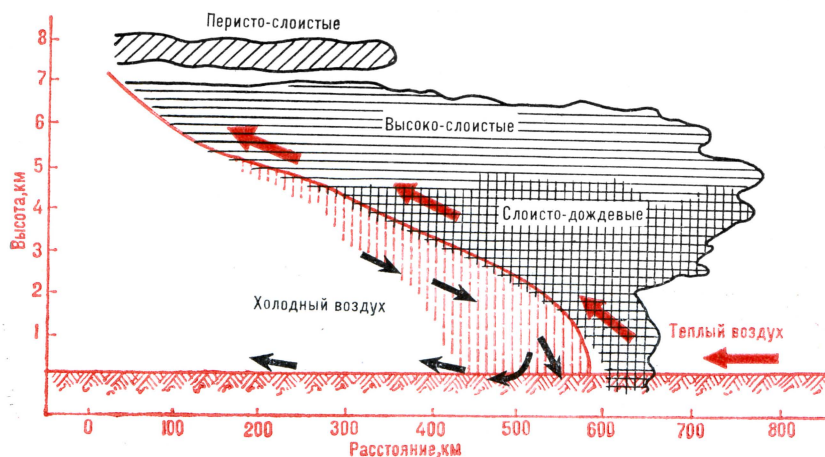
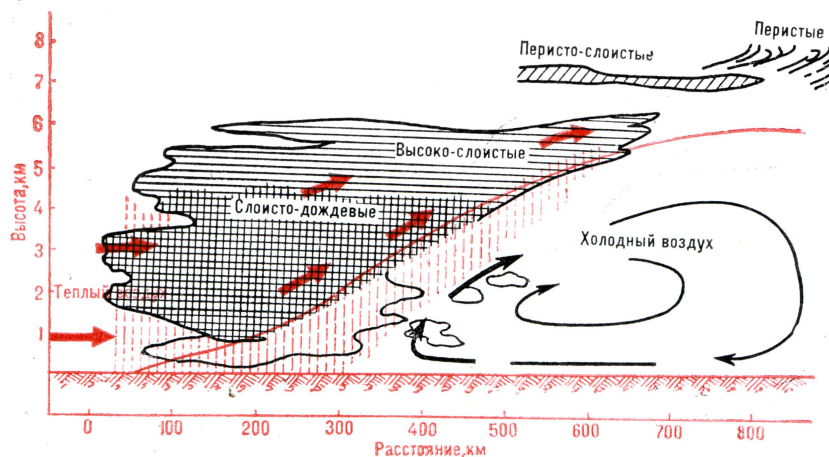
Высотная фронтальная зона: В — область высокого давления, Н — область низкого давления. Пунктир — одинаковые значения скорости ветра

горизонтальный перенос, но возникают и упорядоченные вертикальные движения воздуха со скоростью несколько сантиметров в секунду.

Вместе с формированием фронтальной зоны образуются и **атмосферные фронты** — поверхности раздела между холодными и теплыми массами воздуха. Так как холодный воздух плотнее теплого, то при встрече двух разнородных потоков первый узким клином входит под второй и в результате возникает наклонная поверхность раздела между теплым и холодным воздухом. Угол наклона фронта очень мал, менее 1° . Это означает, что в пункте, удаленном от линии фронта у поверхности Земли в сторону холодного воздуха на 300 км, фронтальная поверхность расположится на высоте всего 2—3 км.

Чтобы яснее представить вертикальные разрезы фронтов, принято увеличивать масштаб по вертикали в 100 раз. Это позволяет наглядно изобразить связанную с фронтами **облачную систему**. Хорошо развитый холодный фронт имеет примерно такую же структуру, как и теплый. Различие между ними заключается лишь в том, что в случае теплого фронта его движение направлено в сторону холодного воздуха, а в случае холодного фронта — в сторону теплого. Однако фронты не всегда бывают ярко выражены и часто не достигают верхней тропосферы. Нередко они имеют малую протяженность по вертикали, а следовательно, и совершенно иную облачную систему. Она зависит от устойчивости теплого и холодного воздуха, которая определяется быстрым или медленным понижением температуры с высотой. В первом случае в зоне фронта возникают кучевые и кучево-дождевые облака, во втором — слоисто-дождевые.

Фронтальная облачность обычно хорошо развивается в молодых углубляющихся циклонах. Здесь горизонтальные контрасты температуры воздуха и скорости ветра, как правило, значительны, и приводят они к тому, что массы воздуха поднимаются вверх. Если же условия таковы, что массы воздуха опускаются, то



облачность на фронте разрушается и осадки прекращаются. Однако, когда воздух достаточно сух, даже при подъеме его облака на фронте либо вовсе не возникают, либо возникают облака среднего и верхнего ярусов и из них осадки не выпадают.

ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ

Анализ воздушных масс и атмосферных фронтов стал проводиться в СССР с начала 30-х годов. В то время метеорологи, пользуясь дан-

ными наземных наблюдений, стремились определить физические свойства тех или иных масс воздуха и отыскать фронты на приземных синоптических картах погоды. Однако, чтобы правильно оценить ближайшую перестройку полей температуры и давления и успешно прогнозировать погоду, необходимо было исследовать условия возникновения и развития основных механизмов циркуляции — **циклонов и антициклонов** — и разработать теорию, которая хотя бы в общих чертах описывала их природу. Не будь этих гигантских атмосферных вихрей («Земля и Вселенная», № 5, 1968, с. 8—18.—Ред.), не было бы и резких изменений погоды; кроме того, в высоких широтах земного шара всегда были бы

■ Облачная система теплого фронта

■ Облачная система холодного фронта



сильные морозы, а в низких — нестерпимая жара.

Поскольку в развивающихся циклонах зарождаются восходящие движения воздуха, а в антициклонах — нисходящие, то с циклонами обычно связана облачная погода с осадками, а с антициклонами — малооблачная и ясная. Движение холодных и теплых, сухих и влажных масс воздуха определяется, прежде всего, положением циклонов и антициклонов. Например, если в холодное время года циклоны движутся над Северной Европой с запада на восток, а антициклоны — над Южной Европой в том же направлении, то в средних широтах преобладает перенос влажных и теплых масс воздуха со стороны Атлантики. При меридиональных же перемещениях циркуляции в тыл циклонов и в переднюю часть антициклонов вторгается холодный воздух с севера, а в переднюю часть циклонов и тыловую часть антициклонов поступает тепло с юга. В таких случаях в одних долготных районах устанавливаются сильные холода, а в других — аномально теплая погода.

Возникновение и развитие внетропических вихрей — одна из главных проблем физики атмосферы. Фронтологический анализ, внедренный в Службу погоды, включал и **волновую теорию циклонов**. Согласно этой теории, циклоны возникают, когда на атмосферных фронтах образуются динамические неустойчивые бароклинные волны. Но чтобы такие волны возникли, необходим разрыв температуры и ветра на фронте. Волновая теория циклонов осталась незавершенной, так как не смогла опи-

сать явления цикло- и антициклогенеза и последующее развитие их в мощные вихри.

Более успешное исследование атмосферных фронтов и вихрей началось в 1936—1937 годах, после организации сети **аэрологических станций**. С помощью радиозондов стали вести измерения температуры, давления и влажности воздуха, направления и скорости ветра на различных высотах. На основе этих данных, характеризующих физическое состояние атмосферы, во второй половине 30-х годов приступили к составлению высотных карт погоды — **карт барической топографии**. По ним определяют районы холодных и теплых масс воздуха, низкого и высокого атмосферного давления, оценивают скорость и направление ветра, интенсивность фронтальных зон в тропосфере на поверхностях различного давления. Карты барической топографии строятся для различных высот. В СССР первые такие карты были построены автором в 1936 году, а с 1 декабря 1937 года они стали составляться ежедневно в подразделениях Службы погоды («Земля и Вселенная», № 6, 1968, с. 21—29, — Ред.).

С применением радиозондирования начался новый этап исследования атмосферы. Появились сведения об атмосферных процессах на больших высотах, что дало возможность вернее судить о их физической природе. Была создана новая теория циклонов и антициклонов, названная **адвективно-динамической**. Сущность ее заключалась в следующем. Внетропические крупные вихри возникают и развиваются в районах сближения теплых и холодных масс воздуха (там, где формируются большие горизонтальные градиенты температуры и давления, возрастает скорость ветра в тропосфере), то есть под высотными фронтальными зонами. Здесь вдоль воздушных течений скорость ветра резко изменяется. В этих областях воздух накапливается или убывает. Вследствие увеличения массы воздуха под входом фронтальной зоны (сходимость воздушных течений) давление возрастает и образуется антициклон, под дельтой фрон-

тальной зоны (расходимость воздушных течений) давление уменьшается и образуется циклон. Быстро превращаясь в мощные образования, циклоны и антициклоны достигают иногда в диаметре более 3 тыс. км. Развиваются они и по вертикали, распространяясь по всей тропосфере и нижним слоям стратосферы.

Развитие циклона сопровождается возникновением и усилением восходящих движений воздуха в центральной и передней его частях. Восходящий воздух охлаждается, содержащийся в нем водяной пар конденсируется и образуются облака. Одновременно в приземном слое воздуха, в области падения давления, ветры сходятся, а это способствует появлению атмосферных фронтов, облачности и осадков.

В антициклонах, по мере их усиления и роста давления, возникают нисходящие движения воздуха. Нисходящий воздух нагревается, и водяной пар постепенно становится менее насыщенным. Атмосферные фронты в расходящейся системе ветров у поверхности Земли размываются. Это приводит к постепенному рассеиванию облачности и прекращению осадков.

Когда развитие циклона заканчивается, он заполняется холодным воздухом. Охлаждение происходит при горизонтальном переносе воздуха в систему циклона и восходящем движении. В этой стадии облачная система циклона разрушается, осадки прекращаются, а фронты вытесняются на периферию циклона.

Система развитых антициклонов заполняется теплым воздухом, который проникает туда при горизонтальном переносе и дополнительно нагревается при нисходящих движениях. На этой стадии развития антициклонов атмосферное давление начинает понижаться и постепенно появляется облачность.

Однако адвективно-динамическая теория внетропических вихрей учитывает только главные факторы, участвующие в зарождении и развитии этих вихрей, а применение основных ее положений, да к тому же лишь в качественном виде, не всегда оказывается достаточным для состав-

ления достоверных прогнозов погоды.

АТМОСФЕРНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ПРОГНОЗ ПОГОДЫ

В последние два-три десятилетия теория изменения атмосферного давления развилась настолько, что на ее основе были разработаны **численные методы**, успешно применяемые при составлении краткосрочных прогнозов погоды с помощью ЭВМ («Земля и Вселенная», № 1, 1978, с. 37—43.—Ред.). Усовершенствуется теория климата, строятся теоретические модели общей циркуляции атмосферы для создания более совершенных методов долгосрочных прогнозов погоды («Земля и Вселенная», № 1, 1973, с. 21—27.—Ред.). Одновременно ведутся также экспериментальные и теоретические исследования внетропических атмосферных фронтов и вихрей.

Однако попытки разработать строгую математическую теорию циклонов пока не увенчались успехом. А без такой теории трудно составлять точные краткосрочные прогнозы погоды, поскольку ошибки в прогнозах обычно связаны с тем, что невозможно учесть внезапно возникающие новые вихри и резкие преобразования атмосферной циркуляции.

Численными методами прогнозов погоды можно, опираясь на карты барической топографии, с помощью ЭВМ предвычислить на ближайшие сутки или двое суток поля давления, температуры, скорости и направления ветра. На основе этих данных составляют **прогностические карты** давления, вертикальных движений воздуха и с учетом влажности примерно оценивают облачность и осадки.

Для прогноза погоды используют теперь и фотографии облачности, которые получают с метеорологических спутников Земли. По ним можно определять положение циклонов и антициклонов, атмосферных фронтов и направления их движения на акватории океанов — там, где проводится мало наблюдений. Особенно ценны фотографии, фиксирующие процесс образования и развития, а



также пути движения тропических циклонов — этих грозных вихрей, опасных для кораблей и населения прибрежных районов («Земля и Вселенная», № 2, 1966, с. 20—30.—Ред.).

Таким образом, благодаря аэрологическим данным и картам бариче-

ской топографии, введенным в практику Службы погоды, качество суточных прогнозов погоды значительно повысилось. Благодаря введению и усовершенствованию в 60-х годах численных методов прогнозов, теперь из каждых 10 суточных прогнозов оправдываются около 9.

Сейчас усилия ученых направлены главным образом на удлинение срока прогноза. Однако проблема прогнозов погоды более чем на 5—10 суток пока остается одной из труднейших научных проблем.

Циклон над северной частью Тихого океана. Фотография сделана с метеорологического спутника. Светлые области — облачность, темные — ясная погода



Доктор физико-математических
наук
Г. С. ГОЛИЦЫН

Плутон и его спутник

Все, что до недавнего времени мы знали с уверенностью о Плуtone, — это звездная величина, элементы орбиты, характеристики цвета и вариации его блеска. Их период 6,3867 суток отождествляется с периодом собственного вращения планеты. Относительно радиуса было известно лишь то, что он меньше 3400 км. Эта оценка получена после того как в 1966 году не наблюдалось ожидавшееся покрытие звезды Плутоном. Если, следуя Д. Харрису, предположить, что радиус Плутона составляет 0,45 земного (6371 км) при альбедо (отражательная способность), равном 0,14, то можно найти значение константы, которая характеризует поток солнечного света, отраженный Плутоном: $I = A r^2 = 0,94 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ (A — альбедо Плутона, r — его радиус). Поскольку альбедо не может быть больше 1, минимальный радиус планеты оценивается в 970 км.

Согласно измерениям, в середине 50-х годов звездная величина Плутона составляла 14,90^m. Обширные наблюдения блеска Плутона проводили в 1971—1973 годах Л. Андерсон и Дж. Фикс. Сопоставив свои наблюдения с более ранними, они нашли, что угол между осью вращения Плутона и плоскостью его орбиты должен быть меньше 40°. Андерсон и Фикс установили также, что с 1953 по 1972 год звездная величина планеты изменилась на 0,22^m, достигнув 15,12^m, то есть Плутон стал темнее.

В 1976 году Д. Крукшенк с коллегами обнаружил метановый иней на поверхности Плутона («Земля и Вселенная», № 5, 1977, с. 57.—Ред.).

У самой далекой планеты Солнечной системы — Плутона обнаружен спутник. Вполне вероятно, что по своим размерам спутник сравним с Плутоном. Теперь появилась возможность точнее определить массу и размеры самой планеты.

Покрытая инеем или льдом планета может иметь достаточно высокое альбедо и, следовательно, небольшой размер. Вероятно, изменение звездной величины Плутона можно объяснить частичным стайванием инея, поскольку, двигаясь по сильно вытянутой орбите, Плутон с 1954 по 1972 год приблизился к Солнцу почти на 4 а. е.

До последнего времени не было сколько-нибудь надежных оценок массы Плутона. Зная, что на периферии Солнечной системы плотности тел низкие, а их альбедо, вероятно, достаточно высокие, исследователи допускали, что масса Плутона мала даже в сравнении с лунной.

В августовском номере журнала «The Astronomical Journal» за 1978 год опубликована статья Дж. Кристи и Р. Харрингтона «Спутник Плутона». Новый спутник был открыт американским астрономом Дж. Кристи. На фотографии, полученной 22 июня 1978 года на 155-сантиметровом телескопе Морской обсерватории США во Флагстаффе, он заметил, что изображение планеты вытянуто почти с севера на юг (угол наклона «вытянутости» к плоскости орбиты спутника около 15°, что согласуется с определениями Андерсона и Фикса). Не-

сколько последующих снимков подтвердили этот эффект. Он был обнаружен и на других фотографиях, сделанных в Морской обсерватории США в 1965 и 1970 годах. В начале июля 1978 года вытянутое изображение Плутона наблюдал Дж. Грэхэм на 4-метровом телескопе обсерватории Серро Тололо. «Вытянутость» оказалась переменной, с периодом, близким к 6,4 суток. Ее можно объяснить лишь существованием у Плутона спутника, плоскость орбиты которого почти перпендикулярна плоскости планетной орбиты, что согласуется с выводами Андерсона и Фикса. Максимальная «вытянутость» оценена в 0,8 угловой секунды, откуда радиус орбиты спутника определяется в 17,5 тыс. км. По кривой изменения блеска Плутона можно найти, что звездная величина спутника на две-три единицы меньше, чем звездная величина планеты, то есть блеск спутника раз в десять слабее. Если его альбедо такое же, как у Плутона, то радиус должен быть примерно втрое меньше.

Зная радиус орбиты и период обращения спутника, по третьему закону Кеплера можно рассчитать суммарную массу планеты и спутника:

$$M + m = T^2 a^3 / 4\pi^2 G,$$

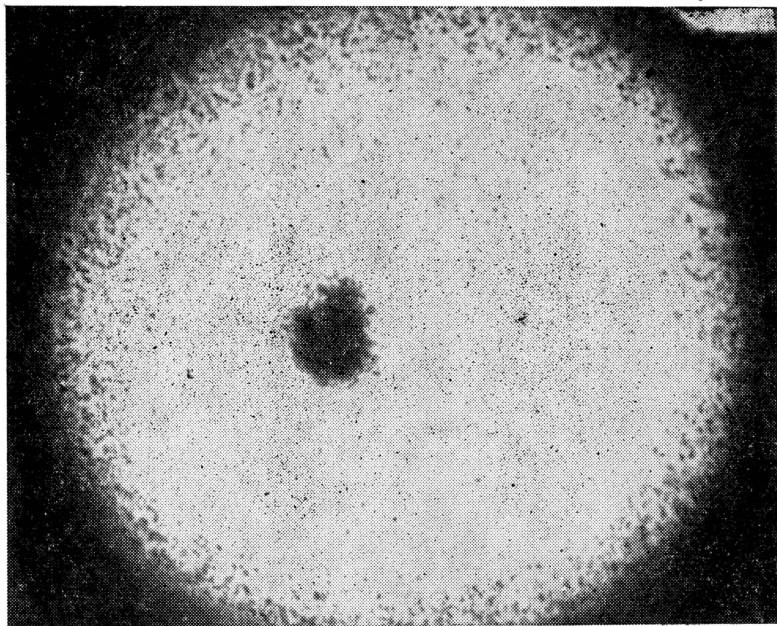
где M и m — массы планеты и спутника, T — период обращения, a — большая полуось орбиты спутника, G — гравитационная постоянная. Если, как полагают Кристи и Харрингтон, орбита спутника близка к круговой, то суммарная масса равна $1,1 \cdot 10^{25}$ г, то есть в шесть с лишним раз меньше массы Луны ($7,35 \cdot 10^{25}$ г).

Имея все эти данные, можно сде-

ать более или менее обоснованные выводы о радиусе, альбедо, плотности Плутона и судить о размерах его спутника.

Известно, что масса пропорциональна кубу радиуса. Поэтому пренебрежем пока массой спутника и будем считать, что масса Плутона $1,1 \cdot 10^{25}$ г. При альбедо 0,5, что, по мнению Крукшенка, вероятно для тел, покрытых инеем, радиус Плутона должен составлять 1200 км. Это значение получено с учетом того, что около 10% света, отраженного Путоном, приходится на долю спутника. Тогда средняя плотность Плутона оказывается равной $1,5 \text{ г/см}^3$ (Кристи и Харрингтон в своей статье приводят значения 1500 км и $0,7 \text{ г/см}^3$. По-видимому, в их расчеты вкралась какая-то ошибка).

Найденное значение плотности близко, например, к средней плотности Каллисто, самого далекого из галилеевых спутников Юпитера. Вероятно, Плутон, как и многие другие тела на периферии Солнечной системы, состоит в основном из водяного льда с примесью горных пород. Недавно Г. Консолманьо и Дж. Льюис рассчитали модели эволюции подобных тел, имеющих размеры от 500 до 1500 км. В моделях тел, которые они рассматривали, предполагалось содержание (по массе) 60% льда и 40% горных пород плотностью $2,5$ или $3,7 \text{ г/см}^3$. Если плотность льда $0,9 \text{ г/см}^3$, то средние плотности вещества должны быть $1,21$ и $1,29 \text{ г/см}^3$. Допустим, что плотность вещества Плутона $1,25 \text{ г/см}^3$. Тогда, зная массу, получим для радиуса планеты 1280 км. Этому значению радиуса соответствует альбедо 0,41. Такое



альбедо характерно для тел, не сплошь покрытых инеем, но оно гораздо выше, чем альбедо для тел, состоящих из горных пород.

Ускорение силы тяжести на поверхности планеты оказывается равным примерно 50 см/с^2 . При столь малом его значении Плутон вряд ли способен удерживать постоянную атмосферу.

А каковы размеры и масса спутника? Если его альбедо 0,4, то радиус оценивается в 470 км, а масса при средней плотности $1,25 \text{ г/см}^3$ будет $5,4 \cdot 10^{23}$ г. Однако из недр тел столь малых размеров, по мнению Консолманьо и Льюиса, метан не может выходить на поверхность вследствие недостаточного внутреннего давления. Поэтому весьма вероятно, что альбедо спутника заметно ниже, а значит, спутник имеет большие размеры. При альбедо 0,2 (такое зна-

чение свойственно некоторым типам астероидов) радиус спутника порядка 650 км.

Подводя итог, можно заключить, что диаметр Плутона около 2500 км, ускорение силы тяжести примерно 50 см/с^2 . Его спутник находится на расстоянии 14 радиусов планеты и имеет размеры от трети до половины самой планеты. Таким образом, Плутон и его спутник являют пример двойной планеты, более компактной, чем система Земля — Луна.

Одна из фотографий (негатив) Плутона и его спутника, полученная Дж. Кристи



Кандидат физико-математических наук
А. С. СМЕРНОВ

Межзвездный ветер в окрестности Солнца

ГДЕ РОЖДАЕТСЯ L_{α} -ИЗЛУЧЕНИЕ?

Космическое ультрафиолетовое излучение стало доступно исследованию после того, как ракеты и искусственные спутники вынесли аппаратуру за пределы земной атмосферы. Первым было зарегистрировано ультрафиолетовое излучение с длиной волны 1215,7 Å. Это — самая сильная (ее еще называют резонансной) линия излучения водорода, составляющего около 70% вещества Вселенной. Она известна как линия L_{α} (Лайман-альфа).

Сначала было измерено L_{α} -излучение от ярчайшего космического источника — Солнца. Затем по мере повышения чувствительности аппаратуры удалось обнаружить линию L_{α} в свечении ночного неба. Исследуя L_{α} -излучение ночного неба, ученые в 1957 году открыли геокорону — протяженную оболочку из атомарного водорода, окружающую нашу планету. Геокорона простирается на 100 000 км от Земли. L_{α} -излучение в геокороне возникает за счет рассеяния солнечных L_{α} -квантов атомарным водородом, который содержится в верхней атмосфере.

Однако вскоре выяснилось, что некая, хотя и небольшая доля L_{α} -излучения образуется не в геокороне, а в межпланетной среде или еще дальше от Земли — в межзвездной среде. В 1962 году с высотной геофизической ракеты, запущенной в США, измерялось L_{α} -излучение. Оно попадало в детектор сквозь специальный фильтр, который поглощал излучение вблизи волны 1215,7 Å, на расстоянии $\pm 0,04$ Å от нее. Измерения проводились с включенным и

В ультрафиолетовом диапазоне находится самая сильная линия излучения водорода — наиболее распространенного элемента во Вселенной. По интенсивности и ширине этой линии можно судить о скорости «межзвездного ветра», его плотности и температуре.

выключенным фильтром. Оказалось, что интенсивность излучения, зарегистрированная когда фильтр был включен, составляла около 15% от полной интенсивности, измеренной при выключенном фильтре. Это означало, что 15% излучения линии L_{α} расположено от ее центра дальше, чем 0,04 Å. Между тем при температурах, которые господствуют в верхней атмосфере (от 400 до 1000 К в зависимости от времени суток), практически все геокорональное L_{α} -излучение должно находиться в пределах $\pm 0,04$ Å от центра линии. Следовательно, около 15% излучения было негеокоронального происхождения.

С искусственных спутников Земли, обращающихся на довольно низких орбитах, наблюдать L_{α} -излучение не земного происхождения трудно. Мешает геокорона, которая тянется на огромное расстояние в десятки земных радиусов. Первые непосредственные измерения межпланетного L_{α} -излучения были выполнены на больших удалениях от Земли с борта советских автоматических станций «Зонд-1» в 1964 году, «Венера-2» и «Венера-3» в 1965 году.

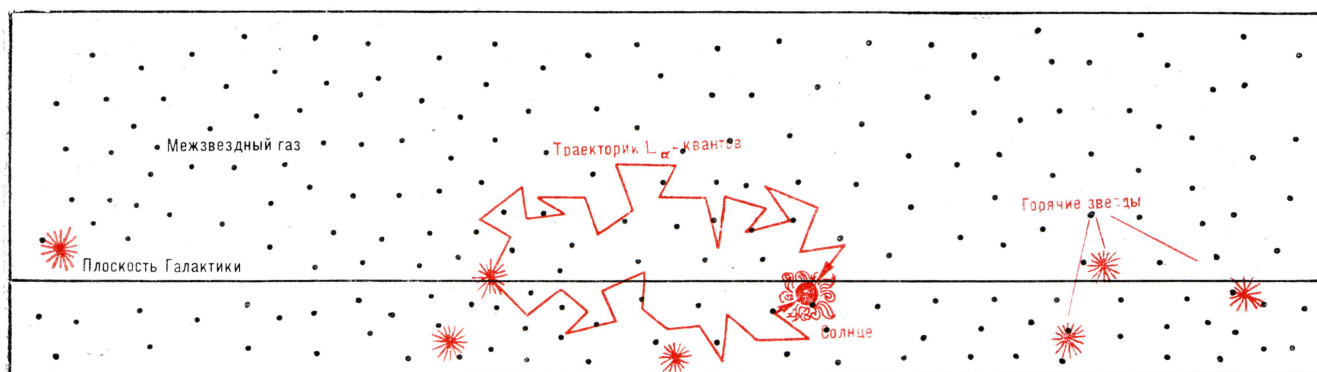
СОЛНЦЕ — ИСТОЧНИК
МЕЖПЛАНЕТНОГО L_{α} -ИЗЛУЧЕНИЯ

Уже в первых экспериментах удалось обнаружить, что L_{α} -излучение распределено неравномерно: из одних областей неба оно исходит значительно интенсивнее, чем из других. Поначалу казалось, что излучение концентрируется к плоскости Млечного Пути. Тогда его источником могли быть горячие звезды спектральных классов О и В, которые, как известно, все расположены вблизи плоскости Галактики. Однако такое объяснение натолкнулось на ряд трудностей.

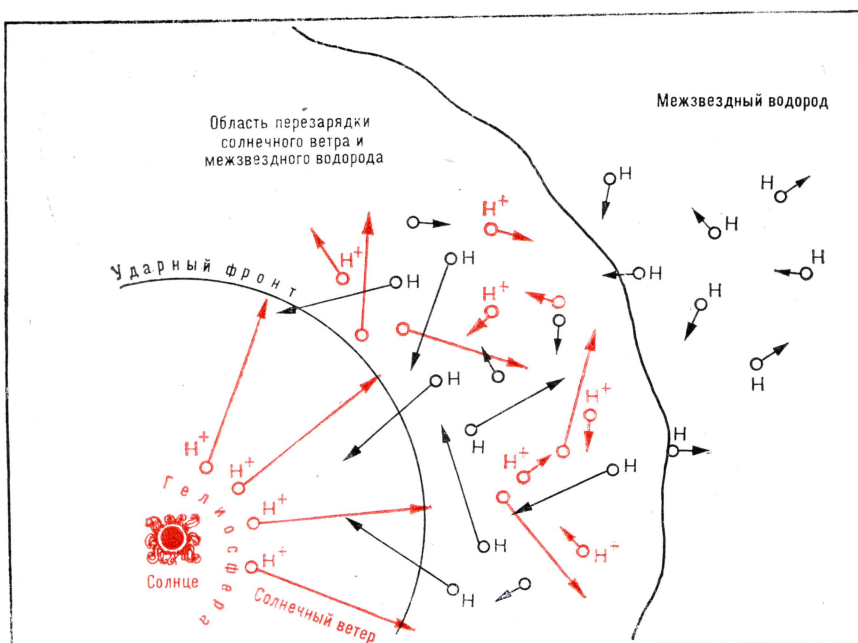
Распространяясь в межзвездной среде, L_{α} -кванты претерпевают многократные рассеяния на атомах водорода. После поглощения атомом водорода и переизлучения L_{α} -квант изменяет первоначальное направление движения случайным образом, поэтому его траектория не прямая линия, а ломаная. Следовательно, от одного и того же источника L_{α} -кванты должны приходить к Солнцу с разных сторон, а значит, межпланетное L_{α} -излучение должно быть изотропным.

Этот вывод подтвердили дальнейшие наблюдения. Данные о концентрации L_{α} -излучения к плоскости Галактики оказались ошибочными. Кроме того, выяснилось, что горячие звезды не способны обеспечить интенсивность в линии L_{α} , зарегистрированную аппаратурой советских космических станций. Поэтому был предложен механизм возникновения межпланетного L_{α} -излучения, связанный уже не с горячими звездами, а с Солнцем.

Частицы солнечного ветра летят со



скоростью около 300 км/с, причем плотность их потока меняется обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца так, что полный поток солнечного ветра сохраняется постоянным. Но это продолжается лишь до расстояния, на котором плотность кинетической энергии протонов солнечного ветра становится меньше плотности энергии межзвездного магнитного поля. Это расстояние исчисляется несколькими десятками астрономических единиц. Дальше от Солнца направленное движение заряженных частиц солнечного ветра нарушается вследствие взаимодействия с межзвездным магнитным полем. Здесь образуется ударный фронт, за которым протоны солнечного ветра движутся с хаотическими скоростями, соответствующими температуре 10 000 000 К. Такие «горячие» протоны вступают в реакцию перезарядки с «холодными» атомами нейтрального водорода, отнимая у них электрон. В результате появляются холодные протоны и горячие нейтральные атомы водорода, проникающие внутрь ударного фронта (в гелиосферу) и рассеивающие солнечное L_{α} -излучение. Но будут ли нейтральные атомы водорода за ударным фронтом, расположенным в нескольких десятках астрономических единиц от Солнца? Ведь солнечное ультрафиолетовое излучение должно ионизовать межзвездный водород в радиусе порядка 1000 а. е. Кроме того, эта модель не объясняла, по-



чему межзвездное L_{α} -излучение неоднородно.

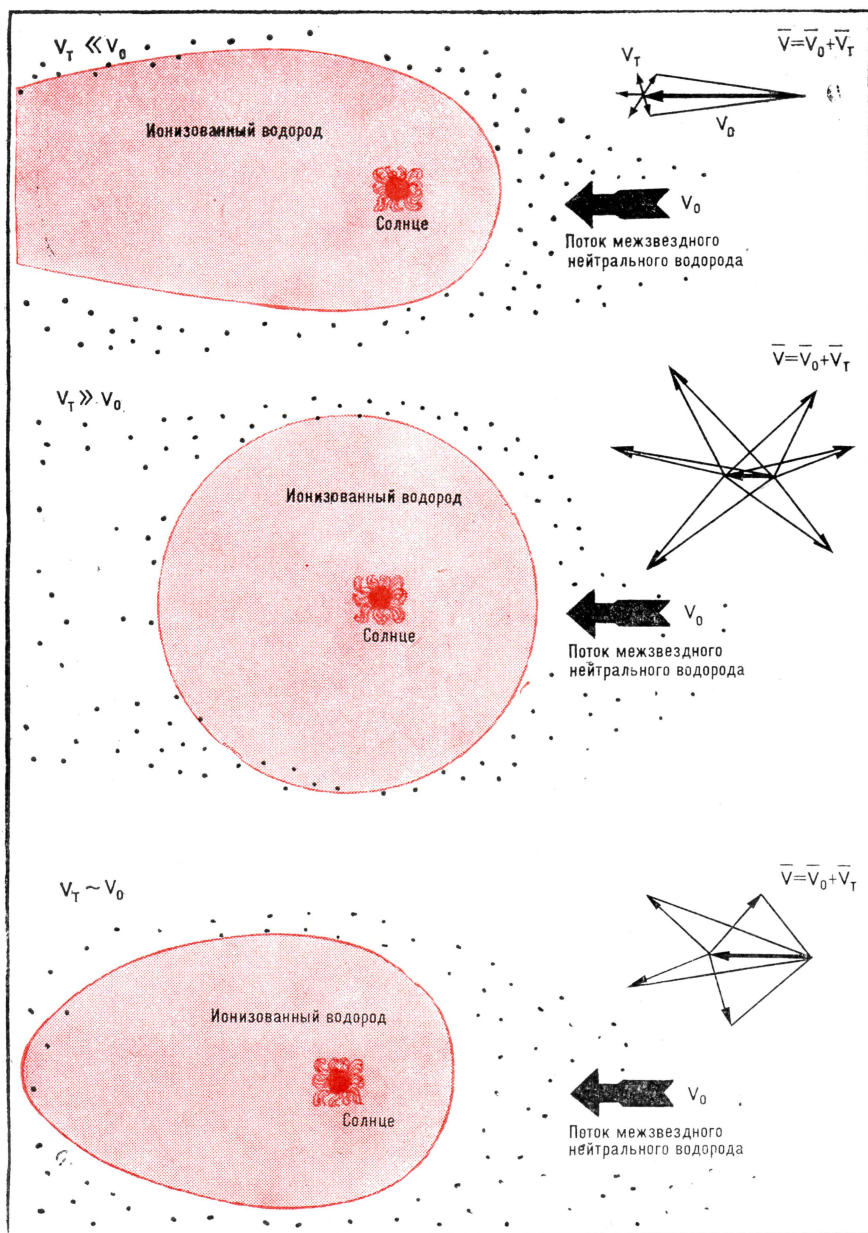
ЗОНА ИОНИЗАЦИИ

Рассказывая о механизме межпланетного L_{α} -излучения, мы предполагали, что источник L_{α} -квантов — Солнце — и рассеивающая среда — межзвездный водород — не движутся относительно друг друга. Однако Солнце кроме регулярного вращения вместе со всеми близлежащими звездами вокруг центра Галактики имеет еще собственное движение относительно соседних звезд. Солнце перемещается со скоростью примерно 20 км/с в направлении точки с

координатами: прямое восхождение 270° , склонение $+30^{\circ}$. Эта точка, расположенная в созвездии Геркулеса, называется апексом Солнца. Естественно предположить, что и скорость движения Солнца относительно межзвездной среды также равна 20 км/с. Следовательно, если перейти к системе отсчета, связанной с Солнцем, Солнечная система окажется в потоке межзвездного газа, набегающего со стороны апекса. В этом случае механизм рассеяния

Распространение L_{α} -квантов в межзвездной среде

Взаимодействие солнечного ветра с межзвездным водородом



солнечных L_{α} -квантов на межзвездном водороде резко меняется.

Область ионизованного водорода уже не будет сферой, она вытянется вдоль направления движения межзвездного газа. Со стороны набегающего потока газа нейтральный водород может подойти к Солнцу на малое расстояние и только в непосредственной близости от него, в нескольких астрономических единицах, испы-

Зона ионизованного водорода, которая образуется вокруг Солнца, обтекаемого потоком межзвездного газа. Форма этой зоны зависит от отношения средней тепловой скорости газа (V_T) и скорости набегающего потока межзвездного газа (V_0)

тать ионизацию. Весь объем зоны ионизации оказывается меньше, чем в статическом случае, описанном выше.

Действительно, большая протяженность зоны ионизации в статическом случае была получена из условия равенства между частотой ионизации атомов водорода, солнечным ультрафиолетовым излучением и частотой рекомбинации протонов и электронов за то же время. Процессы ионизации и рекомбинации — конкурирующие. Динамическое равновесие между ними устанавливается для одной и той же совокупности атомов, образующих зону ионизации. Если межзвездный газ движется относительно источника ионизации — Солнца, то на Солнце налетают все новые и новые нейтральные атомы, а рекомбинируют их ядра, удалившись от Солнца на значительное расстояние. При скорости 20 км/с нейтральные атомы успевают приблизиться к Солнцу на несколько астрономических единиц.

Форма зоны ионизации вокруг Солнца будет зависеть от средней тепловой скорости атомов межзвездного водорода и скорости межзвездного газа относительно Солнца. Если относительная скорость межзвездного газа гораздо больше тепловой скорости атомов, то последней можно пренебречь. В этом случае зона ионизации будет очень вытянутой. Так как протоны и электроны смогут рекомбинировать, только удалившись на значительное расстояние от Солнца, то в направлении движения потока межзвездного газа (направление на антиапекс) нейтральных атомов окажется немного.

И наоборот, если тепловая скорость атомов водорода гораздо больше скорости межзвездного газа, то при векторном сложении направление скорости у атомов окажется произвольным. Тогда зона ионизации будет близка к сферической: ведь нейтральные атомы налетают со всех сторон, незначительный их избыток наблюдается только в направлении апекса. Но этот случай маловероятен, поскольку при скорости порядка нескольких десятков километров в секунду температура межзвездного газа должна быть слишком большой — выше 100 000 K.

Если средняя тепловая скорость водородных атомов и относительная скорость межзвездного газа одного порядка, то область ионизованного водорода имеет эллипсоидальную форму.

Как же распределяется интенсивность межпланетного L_{α} -излучения при асимметричной зоне ионизации?

В направлении набегающего водорода интенсивность рассеиваемого нейтральным водородом солнечного излучения достаточно высока, в противоположном направлении она ниже, поскольку интенсивность солнечного L_{α} -излучения падает с расстоянием от Солнца как квадрат этого расстояния. В поле зрения прибора, смотрящего в апекс, попадает больше рассеивающих атомов, чем в поле зрения прибора, направленного в антиапекс. Максимум L_{α} -излучения на небе должен наблюдаться в точке апекса. Именно это и было обнаружено в 1970 году аппаратурой, установленной на американском спутнике «Вела-7». Данные, полученные спутником «Вела-7», хорошо согласовались с механизмом межпланетного L_{α} -излучения, и все-таки эти данные оказались ошибочными.

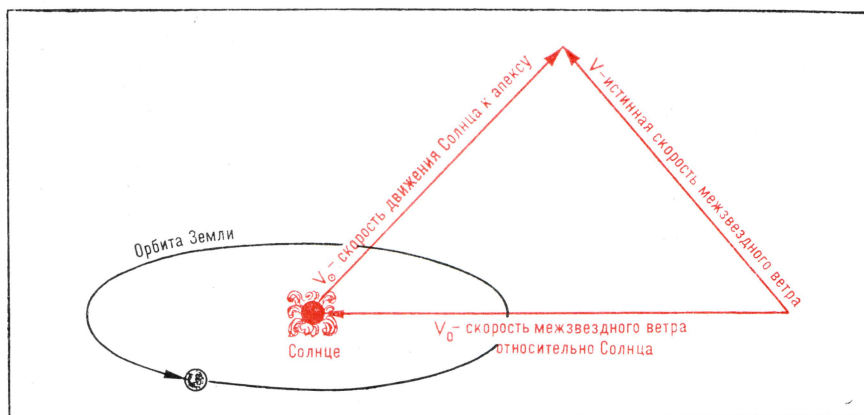
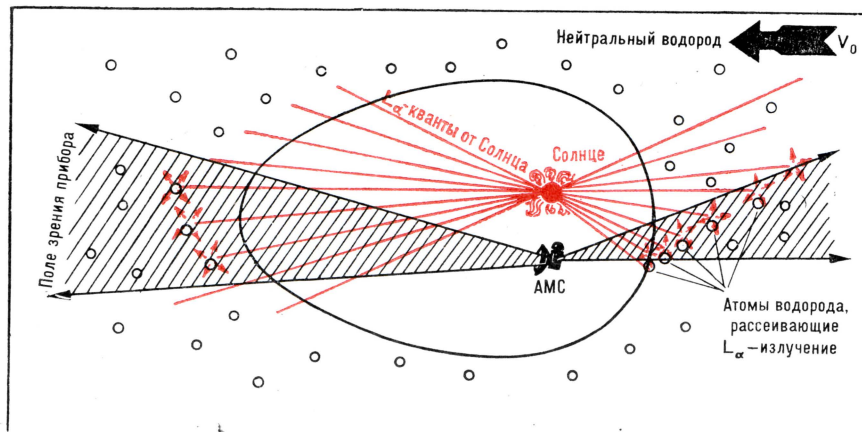
Последующие эксперименты, выполненные советскими, французскими и американскими исследователями, показали, что межпланетное L_{α} -излучение действительно распределено асимметрично, но его максимум и минимум наблюдались не в направлениях на апекс и антиапекс, а в других областях неба. Это объясняется тем, что не только Солнце, но и межзвездный водород в окрестности Солнечной системы движутся относительно близлежащих звезд. Поэтому вектор относительной скорости Солнца и межзвездного газа, равный разнице векторов собственных скоростей Солнца и межзвездного газа, отличается по величине и направлению от того, какой должен быть в неподвижном межзвездном газе.

Поясним сказанное. Находясь на берегу реки или озера, мы можем сразу узнать, подвижна ли вода относительно берега, и измерить скорость ее течения. Назовем эту скорость истинной. С борта же движущегося судна нам удастся измерить только относительную скорость воды, то есть скорость воды относительно судна. Чтобы с движущегося судна определить, находится ли оно в стоячей воде или в текущей, а также измерить истинную скорость воды, надо вычислить относительную скорость воды и скорость судна относительно берега. Точно так же введем понятие относительной и истинной скорости межзвездного газа, заменив в нашем примере движущееся судно Солнечной системой, берег — близлежащими звездами, а воду — межзвездным газом.

Измерения межпланетного L_{α} -излучения показали, что Солнечная система находится не в неподвижном межзвездном газе, а в газе, движущемся относительно близлежащих звезд. Собственное движение межзвездного газа в окрестности Солнца получило название «межзвездного ветра».

ПАРАМЕТРЫ МЕЖЗВЕЗДНОГО ВЕТРА

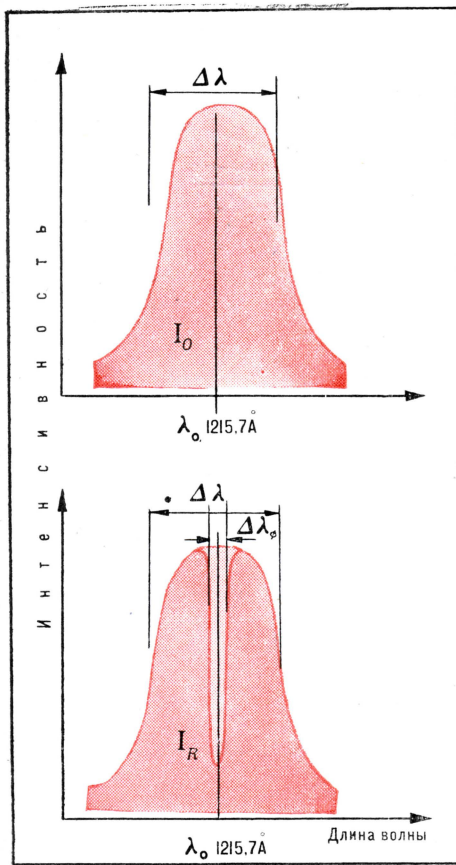
Как определить скорость и направление межзвездного ветра, его температуру, плотность атомов водорода? Наблюдаемое распределение и интенсивность L_{α} -излучения могут отвечать различным комбинациям этих параметров. Например, распределение L_{α} -излучения можно интерпретировать как результат движения межзвездного газа относительно Солнца, как результат движения межзвездного газа относительно Земли, как результат движения межзвездного газа относительно борта космического аппарата.



Вектор относительной скорости V является результатом сложения векторов скорости движения Солнца V_s и скорости межзвездного ветра V_0 . Вектор V_0 направлен в сторону апекса, а вектор V_s — в сторону антиапекса. Вектор V направлен в сторону апекса. Вектор V_0 направлен в сторону апекса, а вектор V_s — в сторону антиапекса. Вектор V направлен в сторону апекса.

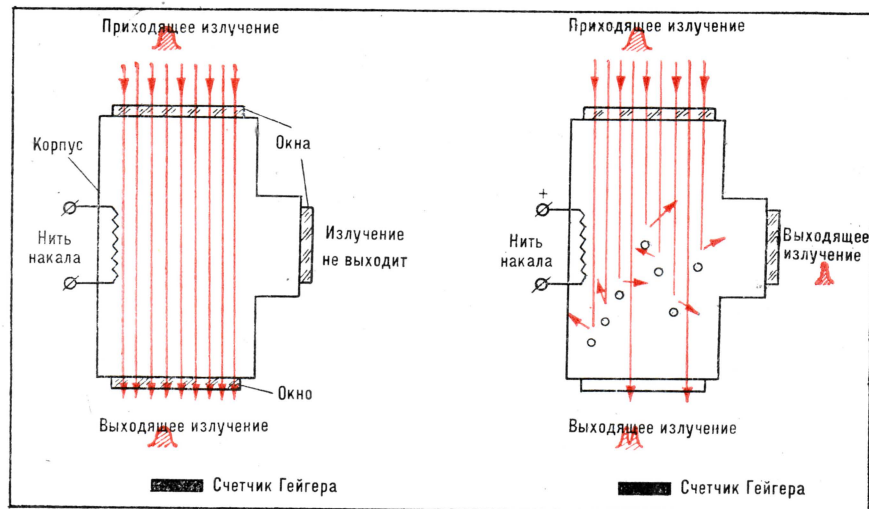
Рассеяние солнечного L_{α} -излучения межзвездным нейтральным водородом. Приборы автоматической межпланетной станции регистрируют максимум L_{α} -излучения в направлении набегающего потока газа и минимум — в противоположном.

Истинная и относительная скорости межзвездного ветра



тировать как рассеяние солнечных L_{α} -квантов на «горячем» межзвездном ветре. Тепловые скорости частиц такого ветра сравнимы с его относительной скоростью. Другое объяснение — рассеяние солнечных L_{α} -квантов на «холодном» межзвездном ветре, в котором тепловые скорости частиц много меньше относительной скорости межзвездного ветра. Но в этом случае в наблюдаемое L_{α} -излучение должны вносить вклад и другие механизмы — галактическое L_{α} -излучение или излучение, возникающее при перезарядке нейтральных

Определение температуры излучения по ширине линии $\Delta\lambda$. Суммарная интенсивность I_0 в линии пропорциональна заштрихованной площади под кривой. Если измерить интенсивность I_R в той же линии при условии, что из нее вырезана узкая линия известной ширины $\Delta\lambda_0$, то из соотношения интенсивностей I_0 и I_R можно определить $\Delta\lambda$, а значит, и температуру излучения



атомов межзвездного ветра и протонов солнечного ветра.

Параметры межзвездного ветра в обеих моделях, получивших наименование «горячей» и «холодной», различны. Так, согласно измерениям с американского спутника OGO-5 (Orbiting Geophysical Observatory), выполненным в 1969 году, в «холодной» модели плотность межзвездного ветра составляет 0,03 атома в 1 см^3 , температура — ниже 100 K, относительная скорость — 11,6 км/с. В «горячей» модели плотность межзвездного ветра около 0,09 атома в 1 см^3 , температура — 5900 K, относительная скорость — 6,9 км/с.

Чтобы сделать выбор между этими моделями, необходимо определить параметры межзвездного ветра независимо друг от друга. Уже недостаточно измерять только суммарную интенсивность L_{α} -излучения. Например, для нахождения температуры рассеивающего водорода нужно измерить спектральную ширину линии L_{α} . С этой целью на борту автоматических межпланетных станций «Марс-4, -5, -6 и -7», запущенных в 1973 году, а затем на «Венере-9 и -10», запуск которых состоялся в 1975 году, были установлены ультрафиолетовые спектрометры. Они имели водородные фильтры-кюветы, которые изготовили французские специалисты — участники этого совместного франко-советского эксперимента. Как же определялась темпе-

ратура и скорость межзвездного водорода?

Если мы принимаем излучение в линии L_{α} , рассеянное атомами при некоторой температуре, то профиль и ширина этой линии однозначно определяются температурой. (Это справедливо для рассеяния в разреженном межзвездном газе; в плотных атмосферах планет профиль линии зависит также от числа атомов в единице объема.) Когда измеряется полное излучение в линии L_{α} , то его интенсивность не зависит от температуры — по суммарной интенсивности в линии L_{α} о температуре излучения судить нельзя. Попробуем осуществить измерения в двух режимах. Сначала зарегистрируем полную интенсивность в линии L_{α} , а затем —

Устройство и принцип работы фильтра-кюветы. В его корпусе устроены три окна из материала, прозрачного для коротковолнового ультрафиолетового излучения. Фильтр-кювета заполнен молекулярным водородом. Когда фильтр-кювета выключен (напряжение на нить накала не подается), излучение проходит через него практически без изменений (слева). Если подать напряжение на нить накала, молекулярный водород диссоциирует на атомарный. Атомы водорода рассеивают излучение в линии L_{α} , поэтому в нижнее окно излучение в центре линии не поступает, оно выходит через боковое окно

интенсивность излучения при условии, что из L_α вырезана линия известной ширины. Тогда по отношению интенсивностей, измеренных в обоих режимах, можно узнать ширину линии L_α , а следовательно, и температуру излучения. Фильтр-кювета, когда он включен, как раз и «вырезает» линию известной ширины.

Если источник излучения — межзвездный газ — и приемник, установленный на космической станции, движутся относительно друг друга, то необходимо учитывать доплеровский сдвиг длин волн линии межпланетного L_α -излучения и линии поглощения в фильтре-кювете:

$$\Delta\lambda_0 = \frac{v_{пр}}{c} \lambda_0,$$

где $v_{пр}$ — проекция относительной скорости источника и приемника на оптическую ось прибора, λ_0 — длина волны линии L_α , c — скорость света.

Когда меняется направление наблюдения, отношение сигналов, зарегистрированных при включенном и выключенном фильтре-кювете, тоже изменяется. Анализируя эту закономерность, можно определить и температуру и скорость межзвездного ветра.

Обработка данных наблюдений показала, что скорость межзвездного ветра относительно Солнца равна 19,5 км/с, направление, откуда «дует» межзвездный ветер, имеет координаты: прямое восхождение 252° , склонение -15° . Истинная скорость межзвездного ветра (относительная скорость минус скорость собственного движения Солнца) составляет 16,3 км/с; приходит ветер из области неба с координатами: прямое восхождение 10° , склонение $+68^\circ$ (созвездие Кассиопеи). Плотность водорода в окрестности Солнечной системы около 0,1 атома в 1 см^3 , тем-

пература 12 000 К. Вклад каких-либо иных механизмов в межпланетное L_α -излучение меньше 10%, а может быть, и вообще отсутствует. Итак, наблюдения подтвердили «горячую» модель межзвездного ветра и уточнили ее параметры.

Согласно современным представлениям, межзвездный газ разделяется на области ионизованного и нейтрального водорода. В свою очередь, нейтральный водород находится в двух состояниях: межзвездные облака с плотностью газа в несколько десятков и даже сотен атомов в 1 см^3 и температурой выше 100 К и межоблачная среда с плотностью газа менее одного атома в 1 см^3 и температурой около 10 000 К. Ультрафиолетовые измерения излучения водорода показали, что Солнце располагается в разреженной горячей межоблачной среде нейтрального водорода.

ЗАГАДОЧНЫЙ ТРИТОН

Тритон, спутник Нептуна, был обнаружен в 60-сантиметровый рефлектор У. Ласселом 10 октября 1846 года, через 17 дней после открытия самого Нептуна. Орбита спутника оказалась необычайной. Она наклонена на 20° к экватору планеты, движение по орбите обратное. Кроме Тритона обратное движение имеют только четыре внешних маленьких спутника Юпитера и спутник Сатурна Феба. Большинство спутников движутся по орбитам, слабо наклоненным к экватору планеты (22 спутника из 33).

Поскольку блеск Тритона во время среднего противостояния около 14-й звездной величины, было ясно, что это — один из крупнейших спутников в Солнечной системе. Будем считать альбедо Тритона, равным альбедо Марса. Находясь в 20 раз дальше от Солнца, чем Марс, Тритон освещается Солнцем в 400 раз слабее, а из-за отдаленности от Земли он должен казаться еще в 3600 раз слабее, чем Марс в среднем про-



тивостоянии. Если предположить, что размеры Тритона такие же, как и Марса, то спутник должен быть в 1 440 000 раз, то есть на 15,5 звездной величины, слабее Марса. Примерно так оно и есть. Значит, по своим размерам Тритон сравним с Марсом.

Но требовалось точнее узнать размеры Тритона. Такие попытки делались не раз, но не приводили к достаточно точным результатам, поскольку видимый диаметр Тритона

на среднем расстоянии от Земли равен примерно $0,2''$. Э. Пикеринг в 1879 году из фотометрических измерений определил диаметр Тритона в 3630 км (немного больше Луны), спустя 65 лет Г. Рессел тем же путем нашел его равным 4500 км, а в 1952 году Дж. Койпер оценил его в 5000 км.

В 1955 году Койпер применил для измерения диаметра Тритона (а также других спутников и астероидов) специальный прибор — дискосмер, установленный на крупнейшем телескопе того времени — 5-метровом рефлекторе. Результат оказался ближе к первоначальному измерению Пикеринга: Койпер получил значение диаметра Тритона 3770 км.

Не меньше трудностей представило определение массы Тритона. Ее приходилось вычислять по небольшим отклонениям в движении Нептуна, вызываемым притяжением спутника. С. Никольсон в 1931 году нашел ее равной $\frac{1}{290}$ массы Нептуна, а если исключить две фотографии низкой точности, то получалось $\frac{1}{190}$ массы планеты. Это означало, что после Луны Тритон — самый



массивный спутник по отношению к своей планете. Напомним, что масса Луны составляет примерно $\frac{1}{81}$ массы Земли, а масса другого крупного спутника — Титана равна лишь $\frac{1}{4000}$ массы Сатурна. Да и в абсолютных единицах Тритон оказывался самым массивным спутником в Солнечной системе, будучи в 2—3 раза массивнее Ганимеда и Титана.

В 1943 году американский астроном Г. Олден обработал наблюдения Нептуна за 1939—1943 годы и получил новую оценку массы Тритона — $\frac{1}{750}$ массы Нептуна. Теперь Тритон сравнялся по массе с Титаном, немного уступал Ганимеду и вдвое превосходил массу Луны. Если считать эту оценку правильной или хотя бы верной по порядку величины, то, учитывая, что диаметр спутника 3770 км, его средняя плотность должна быть 4,8 г/см³.

Между тем остальные шесть крупных спутников планет резко делятся на две группы: луноподобные (средняя плотность 3,3—3,5 г/см³), куда входят Луна, Ио и Европа, и льдоподобные (средняя плотность 1,4—2,0 г/см³), к которым можно отнести Ганимед, Каллисто и Титан. Тритон выпадает из этой классификации.

Однако нет абсолютно никакой уверенности в точности определения как диаметра, так и массы Тритона. Помимо малых угловых размеров, наблюдениям спутника мешает близость яркого Нептуна. Недавно американский астроном У. Хартманн заново оценил диаметр Тритона. Тритон оказался самым большим спутником в Солнечной системе, но уже не по массе, а по диаметру — 6000 км. Если эта оценка верна, то

средняя плотность Тритона будет уже 1,2 г/см³. Из самого плотного спутника Солнечной системы Тритон становится самым рыхлым и его можно тогда отнести к льдоподобным спутникам.

Таким образом, о Тритоне мы знаем меньше, чем даже о малых спутниках Юпитера, Сатурна и Урана. А изучить свойства Тритона нужно, хотя бы для выяснения происхождения спутников и причины их разделения на два класса по плотности.

Не объяснены и особенности орбиты Тритона. Еще в 1936 году Р. Литтлтон выдвинул интересную гипотезу о том, что Плутон был прежде спутником Нептуна. Однако взаимодействие Плутона с другим массивным спутником — Тритоном «плохо» кончилось для обоих. Плутон был выброшен из системы Нептуна и стал самостоятельной планетой, а Тритон, который вначале двигался по орбите, лежавшей близко к плоскости экватора Нептуна, и имел прямое движение, перешел на свою современную орбиту с обратным движением и сильным наклоном. Эта гипотеза продолжает обсуждаться и поныне, хотя серьезного анализа ее сделано не было.

Загадки самого далекого спутника Солнечной системы еще ждут своего разрешения.

Кандидат физико-математических наук
В. А. БРОНШТЭН

МАГНИТНЫЕ АНОМАЛИИ И ВРАЩЕНИЕ ЛУНЫ

Среди многих проблем, возникших при исследовании Луны, немалое значение для понимания истории ее развития имеют проблемы динамики. Как менялось расстояние Луны от Земли, как было ориентировано тело Луны в прошлом (известно, что Луна асимметрична: морские области сосредоточены на видимом с Земли полушарии) и, наконец, как располагалась в прошлом ось вращения Луны относительно ее тела?

Американские ученые Л. Худ, С. Расселл и П. Колеман отметили любопытное обстоятельство, которое, быть может, позволит дать ответ на последний вопрос. Они анализировали изменения магнитного поля, проводившиеся на спутниках Луны, которые запускались с космических аппаратов «Аполлон» во время лунных экспедиций. Анализу подверглись наиболее уверенные данные, которые относились к невидимому полушарию Луны и охватывали подспутниковую полосу шириной около 20°, простирающуюся от 140 до 225° в. д., несколько южнее экватора. Оказалось, что для всех магнитных аномалий в этом районе (одна из них связана с кратером Ван де Грааф) вектор намагничивания направлен почти перпендикулярно современной оси вращения Луны. Напомним, что во всех случаях, когда тело обладает заметным дипольным магнитным моментом, диполь расположен почти параллельно оси вращения тела.

Происхождение лунных магнитных аномалий неизвестно. Обычно предполагается, что они возникают при охлаждении разогретого по той или иной причине до высокой температуры вещества лунной коры в некотором магнитном поле. Вещество «запоминает» магнитные условия в момент, когда оно, охлаждаясь, проходит точку Кюри. Но тогда результаты Худа, Рассела и Колемана свидетельствуют о том, что при возникновении изученных ими аномалий магнитное поле было практически перпендикулярно современной оси вращения Луны. Если это намагничивающее поле было палеомагнитным дипольным полем Луны, то, по-видимому, следует считать, что и ось вращения Луны когда-то располагалась почти перпендикулярно современной.

«Geophysical Research Letters», 5, 4, 1978.



В. В. РЫЧКОВ

Петр Людовикович Драверт

(к 100-летию со дня рождения)

Ученый, поэт и публицист Петр Людовикович Драверт родился 4(16) января 1879 года в Вятке (ныне Киров) в семье государственного чиновника. Человек удивительной судьбы, по-рыцарски влюбленный в метеориты, он вошел в науку как один из создателей советской метеоритики.

В 1899 году П. Л. Драверт поступил на естественное отделение физико-математического факультета Казанского университета, где с первого курса начал специализироваться по минералогии. Спустя год Общество естествоиспытателей при Казанском университете командировало П. Л. Драверта на Средний Урал. В результате этой поездки появились его первые научные статьи: «Адуйское месторождение бериллов» и «Уральские изумрудные копии».

Почти 15 лет потребовалось П. Л. Драверту, чтобы закончить Казанский университет. Он дважды репрессировался царским правительством. В феврале 1901 года за участие в студенческой революционной демонстрации его выслали в соседнюю Пермскую губернию, но осенью того же года ссыльный студент возвратился в Казань и продолжил учебу. Петр Людовикович стал хранителем университетского минералогического кабинета, организовал в городском музее отдел минералогии. П. Л. Драверту прочат блестящее будущее ученого и с увлечением читают его стихи. В 1904 году в университетской типографии тиражом в 1000 экземпляров была напечатана его первая книга стихов «Тени и отзвуки».

В декабре 1905 года за участие в революционном движении П. Л. Дра-



верта вновь арестовывают и ссылают на пять лет в далекую Якутию. Судил П. Л. Драверта его отец — председа-

тель сессии казанской судебной палаты, который и приговорил сына к административной высылке. Такой поступок окончательно утвердил разрыв между отцом и сыном.

■ *Петр Людовикович Драверт (1879—1945). Из фонда Омского областного краеведческого музея*

В 1910 году (за год до окончания ссылки) по ходатайству Академии

наук П. Л. Драверта переводят из Якутии в Томск под гласный надзор полиции. В Томске Петр Людовикович занимается научной работой в местном университете, совершает поездки по Сибири. Только в 1912 году он возвратился в Казань и летом 1914 года окончил университет.

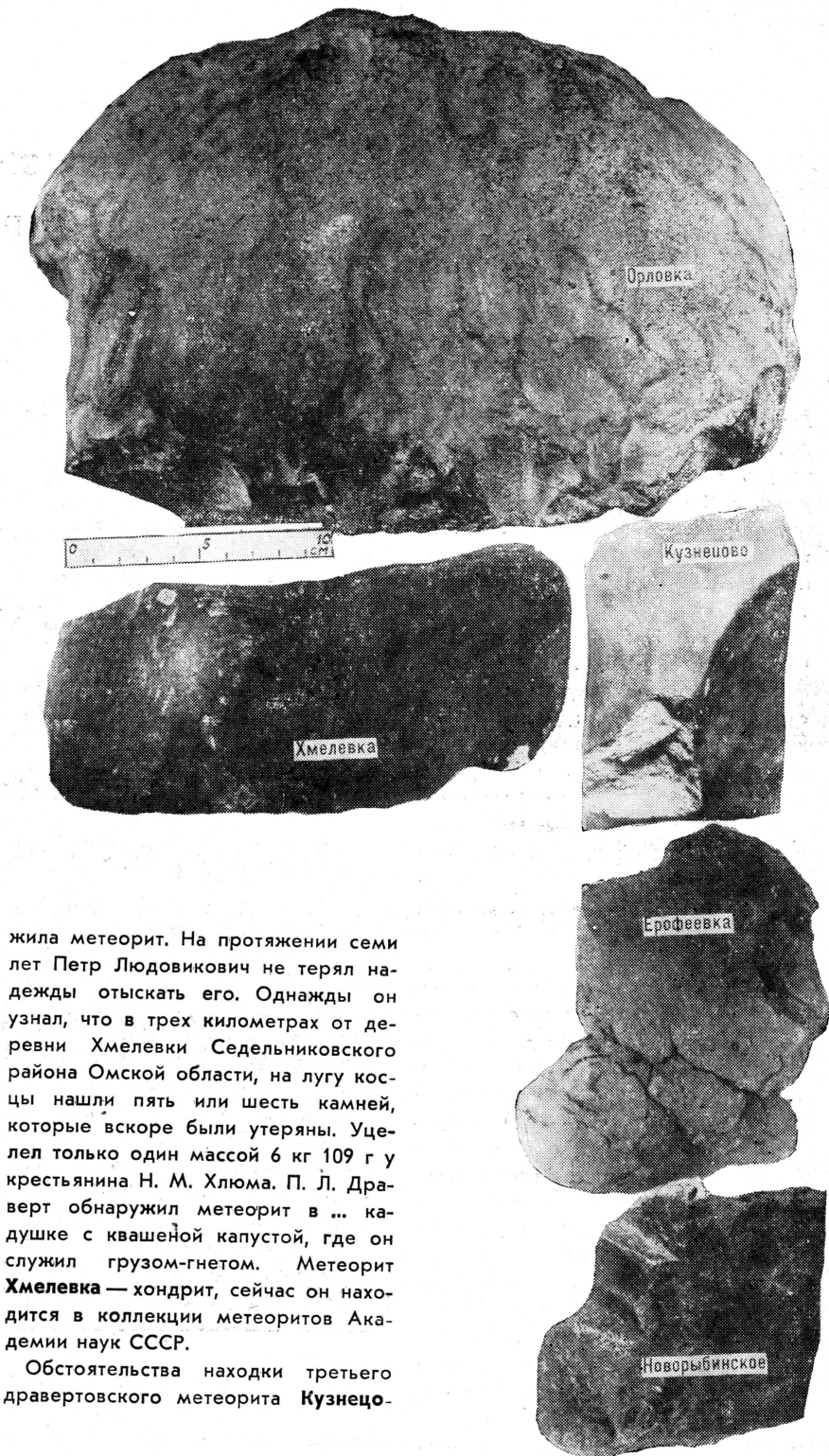
П. Л. Драверт участвует в экспедициях Академии наук в Татарию и Башкирию. Он обследует месторождения полезных ископаемых, организует Общество по изучению производительных сил Казанской губернии.

С 1918 года жизнь П. Л. Драверта связана с Сибирью. В Омске с 1920 по 1930 год он заведовал кафедрой минералогии и геологии в Сельскохозяйственном институте, был научным сотрудником краеведческого музея, директором областной лаборатории стройматериалов.

Метеоритами Петр Людовикович увлекся еще в 20-х годах. Он страстно разыскивал их по всей Сибири и Казахстану. Недаром известный советский исследователь метеоритов Л. А. Кулик писал: «За Сибирь и Казахстан я спокоен. Там ни один камушек не пропадет. Там — Драверт».

Первым дравертовским метеоритом считается **Орловка**. История этого метеорита началась с поездки директора Омского краеведческого музея С. И. Кочнева по Западной Сибири в 1930 году. В деревне Орловка Новосибирской области перед домом крестьянина Ахметова С. И. Кочнев увидел большой камень. Хозяин дома еще летом 1928 года нашел его в поле при вспашке паров. Директор музея купил заинтересовавший его камень и, вернувшись в Омск, показал свою «покупку» Петру Людовиковичу. П. Л. Драверт заподозрил в камне метеорит. И действительно, это оказался каменный метеорит — хондрит массой 40 кг 543 г. Теперь он хранится в коллекции метеоритов Академии наук СССР.

1 марта 1929 года в 5 часов 20 минут утра над Тарой (север Омской области) пролетел крупный болид, ярко осветивший местность. Полет болида сопровождался выпадением метеоритного дождя. П. Л. Драверт возглавил экспедицию в район падения. Однако экспедиция не обнару-



жила метеорит. На протяжении семи лет Петр Людовикович не терял надежды отыскать его. Однажды он узнал, что в трех километрах от деревни Хмелевки Седельниковского района Омской области, на лугу косцы нашли пять или шесть камней, которые вскоре были утеряны. Уцелел только один массой 6 кг 109 г у крестьянина Н. М. Хлюма. П. Л. Драверт обнаружил метеорит в ... кадушке с квашеной капустой, где он служил грузом-гнетом. Метеорит **Хмелевка** — хондрит, сейчас он находится в коллекции метеоритов Академии наук СССР.

Обстоятельства находки третьего дравертовского метеорита **Кузнецо-**

Метеориты из коллекции профессора П. Л. Драверта. Фотографии представлены Комитетом по метеоритам АН СССР

во таковы. В конце октября 1932 года было получено сообщение о падении в мае того же года метеорита у деревни Кузнецово Новосибирской области. На место происшествия выехали П. Л. Драверт и член Омского бюро краеведения Н. Е. Серов. Они установили, что 26 мая между 17 и 18 часами над окрестностями Кузнецово был виден крупный болид, полет которого закончился падением нескольких камней. В Омск привезли три метеорита и несколько осколков от двух других. Впоследствии удалось разыскать свыше десяти экземпляров массой около 7 кг. Один метеорит массой 99 г профессор П. Л. Драверт передал в Британский музей (Лондон), остальные — в коллекцию метеоритов Академии наук СССР.

Каменный метеорит **Ерофеевка** был обнаружен в мае 1937 года в окрестности села Ерофеевка Акмолинской области Казахской ССР. Его находке способствовала статья П. Л. Драверта о метеоритах, опубликованная в газете «Карагандинская коммуна». Читатель этой газеты лесной техник Распаиенко обратил внимание на необычный камень, торчавший из земли на берегу озера. Он переслал камень П. Л. Драверту. Это оказался хондрит массой 1 кг 772 г.

Завершает собрание метеоритов П. Л. Драверта железный метеорит **Новорыбинское**. Петр Людовикович проследил историю этого метеорита. Точная дата его падения не известна (считается 1927 год). Метеорит был выкопан крестьянами села Новорыбинское Северо-Казахстанской области. Масса его составляет 3 кг 55 г. Осенью 1937 года П. Л. Драверт посетил Акмолинск и в краеведческом музее получил метеорит, который передал в коллекцию Академии наук.

Московский университет удостоил профессора П. Л. Драверта премии имени М. В. Ломоносова за находки метеоритов. Всего им было учтено 90 случаев падения метеоритов, по двадцати проведены тщательные исследования. Плодотворной работе ученого способствовала созданная им на территории Западной Сибири и Казахстана разветвленная сеть корреспондентских пунктов.

С 1927 года П. Л. Драверт возглав-



лял единственную в Сибири метеоритную комиссию, в 1939 году стал членом Комитета по метеоритам АН СССР. Он активно работал в западно-сибирском отделе Всесоюзного географического общества, в Омском отделении Всесоюзного астрономо-геодезического общества, участвовал в издании Сибирской Советской Энциклопедии.

В тяжелые военные годы П. Л. Драверт — директор и геолог Омской областной лаборатории стройматериалов. Он ведет опыты по использованию в народном хозяйстве минеральных суррогатов вместо дефицитного сырья. В окрестностях Омска П. Л. Драверт обнаружил минерал из группы каолина, названный им ермакит в честь легендарного Ермака Тимофеевича, на реке Амброси-

евке (село Екатерининское Тарского района Омской области) исследовал залежи бурого угля, изучал фосфориты и известковое сырье Омского Прииртышья. В это же время П. Л. Драверт подготовил сводку полезных ископаемых Омской области и сводку о метеоритах Сибири.

В последние годы жизни Петр Людовикович преподавал юннатам минералогию и занимался составлением библиографии литературы по метеоритике. Умер П. Л. Драверт 12 декабря 1945 года.

За 45 лет научной и общественной деятельности Петр Людовикович написал около 150 научных работ и более 500 научно-популярных статей. Он оставил несколько стихотворных сборников. Поэзия П. Л. Драверта была органически связана с его научной деятельностью. Память о пытливом исследователе Сибири живет в собранных им коллекциях метеоритов и минералов.

Открытка с автографом К. Э. Циолковского, посланная П. Л. Драверту



Петр

Людовикович

Драверт

(1879–1945)

ОПАЛ

Как дивно играет опал драгоценный! —
В нем солнечный блеск и отливы Луны;
В нем чудится жизни поток переменный
И тихая прелесть ночной тишины...

Рождаясь под тяжестью горной породы,
Не видел он света лучистого дня.
Над ним проходили несчетные годы,
И рос он, не зная тепла и огня.

.....
Земля в одеяньях своих многоцветных
От Солнца брала красоту и любовь
И в беге веков, словно миг незаметных,
Мечтала, дремала и грезила вновь...

А он, заключенный в объятьях кремнистых,
Впитал отдаленной природы цвета —
Лазурность морей в берегах золотистых,
И пурпур заката, и зелень листа.

Какая-то странная, чудная сила,
От пышного, яркого мира струясь,
Незримо к нему в глубину нисходила
И с жизнью давала волшебную связь...

Но вот, человеком из гор извлеченный,
Увидел он долго неизвестный свет
И, с ним от рожденья во тьме обрученный,
Он радужный бросил навстречу привет...

.....
Под ласкою Солнца, в мерцаньи лампы
Играет и блещет он, чуждый тревог,
И скрытую влажность подземной прохлады
В себе сохраняет, как жизни залог.

Стихи, написанные П. Л. Дравертом в 20-х годах и опубликованные в сборнике «Северные цветы» (Омск, 1968).



БОЛИД

Когда над смутною громадой древних гор
Медлительно скользит по небу метеор
И шелест слышится загадочный в эфире,—
Вперя жадный взор в огнисто-дымный след,
Я думаю о том, чего уж больше нет,
О кончившем свой век каком-то малом мире.

Из бездн Галактики свершив далекий путь,
Он скоро должен был низвергнуться на грудь
Земли, где мы живем, светилом дня согреты;
Но воздух, тормозя его, не допустил,
Лишив в слепой борьбе первоначальных сил,
Упасть в объятия чужой ему планеты.

Над гладами морей и паутиной рек,
В холодной высоте свой завершая бег,
В тончайший зыбкий прах распался плотный камень!
И ярко озарив полуночную тьму,
В предсмертный краткий миг сопутствовал ему,
Как факел вспыхнувший, чудесный алый пламень.

КОСМИЧЕСКИЙ ЛЕД

В пространстве мировом, среди метеоритов,
Обильных никелем, железом, как руда,
Среди загадочных, чужих для нас хондритов
Извечно носятся, блуждая, глыбы льда.

Сложившись в агрегат кристаллов тригональных,
Противоборствуя невидимым волнам,
Они бегут в своих кругах астральных,
Пока неведомых и недоступных нам...

Порой одни из них в бессменности движенья
Скрестят свои пути с орбитой земной
И, слепо верные законам притяженья,
Свергаются в наш мир для участи иной.

Стремительно летя в воздушные пучины,—
Создания темных недр холодной пустоты,—
Вращаются, светясь, космические льдины,
И тают их тела в объятиях теплоты...

И, выпав на утес, от зноя раскаленный,
Остатки хрупкие когда-то мощных масс,
Кончая век, быть может, миллионный,
Последний скорбный свой переживают час.

А Солнце превратит их скоро в пар незримый,
Сольется тесно он с громадой облаков;
И примем мы потом в плодах Земли родимой
Частицы влажные исчезнувших миров.

*
* *

Мне было бы страшно попасть на планету другую
В путях ли познания иль жуткой дорогой воз-
мездья —

И помнить с предельною ясностью Землю родную
И видеть на своде полночном иные созвездья.

О, как тосковали бы вверх устремленные взоры,
Блуждая от края до края искрящейся чаши:
Знакомые звезды в иные сложились узоры,
Загадочно-странные, остро-чужие, не наши.

Пусть даже растения, реки, озера и камни
Таковыми же были, как в старом покинутом мире,
Но все же давила бы душу клещами тоска мне,
И я голодал бы глазами, как нищий на пире...

Свидетели детства и юности буйной и страстной,
Огни, озарявшие мысли кипучих боренья,
На небе моем вы останетесь вязью прекрасной,
Немеркнувшей повестью светлых дорог откровенья.

Я слышал, что надо текучих годин миллионы,
Чтоб вам для Земли перестроить свои сочетанья;
Так пусть беспрепятственно движутся звезд ле-
гионы,
Как движется все в безграничном кругу мирозданья.

Учитывая пожелания читателей, редакция журнала «Земля и Вселенная», начинает публиковать статьи, посвященные космическим программам зарубежных стран.

С. А. ХЛЕМАНОВ

Космические исследования в Индии

Индия, страна древней культуры и науки, внесла свой вклад практически во все области человеческой деятельности. Тридцать лет самостоятельного развития — совсем небольшой срок для истории, но тем заметнее перемены, происшедшие в социальной, экономической и культурной жизни индийского народа. В Индии создана сталелитейная, станкостроительная, инструментальная, электротехническая промышленность. Известны успехи Индии в развитии медицины, повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Республика приступила к созданию таких важных отраслей промышленности, как авиастроение, радиоэлектроника, атомная энергетика.

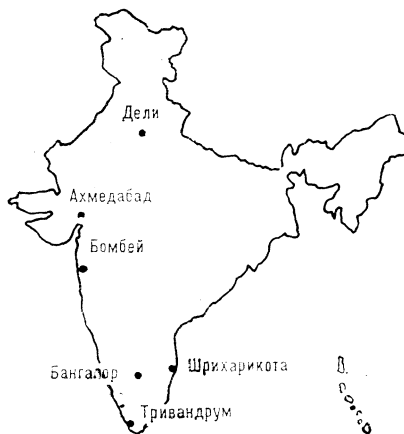
Однако перед страной стоят сложные проблемы в области экономики, народонаселения, образования. Передовые государственные деятели, прогрессивная интеллигенция понимают, что только внедрение в народное хозяйство современной технологии, в том числе и космической, даст возможность Индии преодолеть вековую отсталость, ликвидировать нищету, голод и безграмотность.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Начало индийским космическим исследованиям положила организация в 1962 году Индийского национального комитета космических исследований (ИНКОСПАР), который с 1969 года стал подчиняться Индийской национальной академии наук.

В 1969 году были созданы Комиссия по космосу и Департамент по космосу, председателем комиссии и секретарем департамента назначили

Первый индийский искусственный спутник Земли «Ариабата», запущенный 19 апреля 1975 года с помощью советской ракеты-носителя, озаглавил вступление Индии в космическую эру. Индия стала третьим азиатским государством и первым среди развивающихся стран членом «космического клуба».



выдающегося индийского ученого, специалиста в области гидро- и аэродинамики профессора Сатиша Давана. Были сформулированы основные цели космической программы Индии — создание национальной научно-технической базы для разработки

и изготовления космической техники, включая ракеты и искусственные спутники Земли научного и прикладного назначения; использование прикладных искусственных спутников Земли для космической связи, метеорологии, телевизионного вещания, дистанционного зондирования для изучения ресурсов Земли из космоса, геодезии.

Для координации космических исследований при Департаменте по космосу была создана под председательством С. Давана Индийская организация космических исследований (ИСРО). Основные направления деятельности ИСРО можно разделить на три обширные области.

Фундаментальные космические исследования: программы в области астрономии, рентгеновской, гамма- и радиоастрономии, космических лучей; изучение лунного и метеоритного вещества.

Космическая технология: все виды исследований и опытно-конструкторских работ, связанных с разработкой зондирующих ракет, ракет-носителей, искусственных спутников Земли и необходимой научной аппаратуры. **Прикладные космические исследования:** использование результатов первых двух направлений для развития космической связи, телевизионного вещания, метеорологии, исследования природных ресурсов из космоса и геодезии.

СТРУКТУРА ИСРО

Центр космических исследований имени Викрама Сарабхая назван в честь ученого, общественного деятеля, основателя космической программы Индии. Это — головная орга-

■
Центры космических исследований в Индии

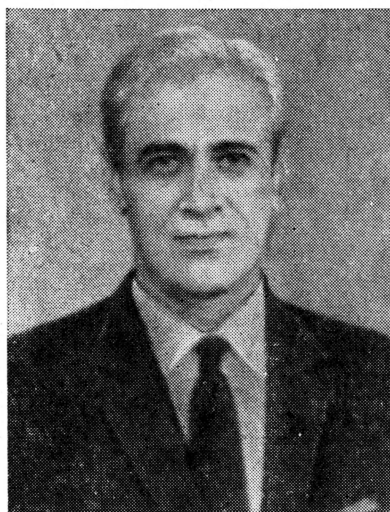
низация в области космической технологии. Специалисты центра разрабатывают ракеты-носители, способные вывести на околоземную орбиту искусственные спутники Земли, зондирующие ракеты, ракетное топливо, бортовые и наземные радиоэлектронные системы. Одно из подразделений центра — полигон ТЕРЛС. Его основали в 1963 году около города Тривандрум на берегу Аравийского моря, в непосредственной близости к геомагнитному экватору. Такое расположение дает уникальные возможности для исследования верхних слоев атмосферы и ионосферы в низких широтах с помощью зондирующих ракет.

В 1965 году ТЕРЛС был объявлен международным ракетным полигоном. В геофизических, астрономических и метеорологических исследованиях участвуют ученые Великобритании, СССР, США, Франции, ФРГ и Японии.

Центр по разработке искусственных спутников Земли. Основная задача этой организации — создание научных и прикладных спутников различного назначения, а также наземных станций слежения и управления спутниками. Специалистами этого центра был разработан и изготовлен первый индийский научный искусственный спутник Земли «Ариабата».

Космический центр Шар расположен на острове Шрихарикота и предназначен для запуска многоступенчатых ракет и искусственных спутников Земли. Он включает стартовые позиции, комплекс по проведению огневых испытаний ракетных двигателей и статических и динамических испытаний ракетно-космической техники, завод твердого топлива для ракетных ускорителей, станцию слежения и управления, а также все необходимые вспомогательные службы.

Центр прикладных космических исследований расположен в Ахмадабаде. Основные функции — разработка и осуществление проектов по использованию результатов фундаментальных космических исследований и научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области кос-



мической технологии. Эта организация занимается вопросами развития космической связи, использования искусственных спутников Земли для приема-передачи телевизионных программ, метеорологии и геодезии, изучает методы дистанционного зондирования Земли с использованием аэрокосмических средств. Здесь проектируется и изготавливается необходимая аппаратура.

Экспериментальная наземная станция спутниковой связи. Была создана в 1967 году в Ахмадабаде, ее основная задача — накопление опыта эксплуатации космических систем связи, а также подготовка научно-технических кадров в этой области для Индии и других развивающихся стран.

Космические исследования в Индии проводятся также рядом научно-исследовательских институтов и лабораторий: Индийским институтом геомагнетизма, Индийским технологическим институтом, Институтом радиофизики и электроники, Национальной физической лабораторией, Лабораторией ядерных исследований, Лабораторией физических исследований.

Особое место в проведении космических исследований занимает Ин-

Руководитель Индийской организации космических исследований С. Даван

дийский институт фундаментальных исследований имени Тата, расположенный в Бомбее. В институте ведутся работы по ядерной физике, физике высоких энергий, астрофизике, радиоастрономии, математике, микроэлектронике, молекулярной биологии. Особое внимание уделяется теоретической физике.

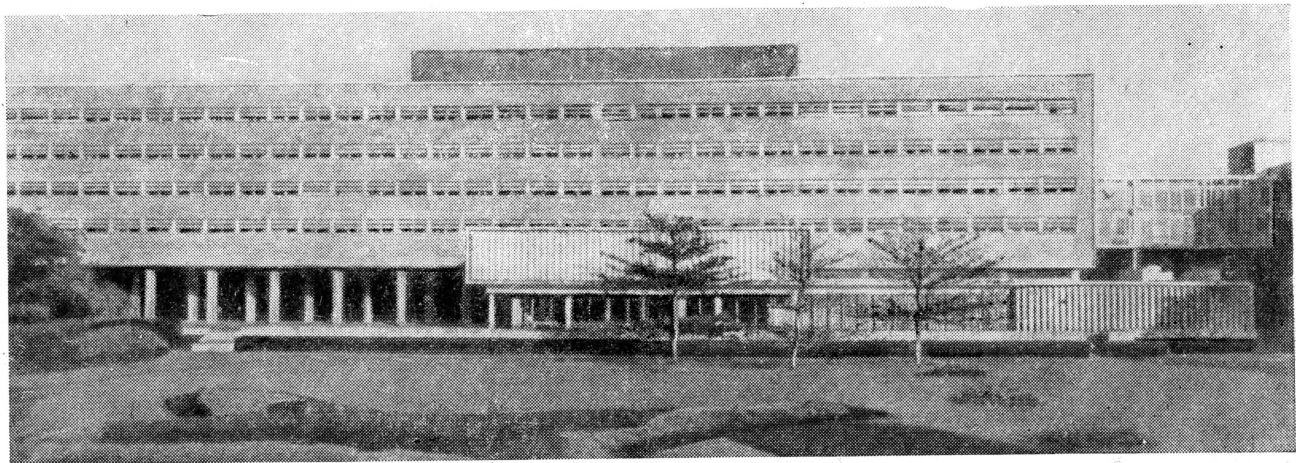
В 1977—1978 годах были осуществлены запуски аэростатов с научной аппаратурой для исследований гамма-излучения небесных источников, проводимых совместно учеными Физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР и Института фундаментальных исследований имени Тата.

Создавая собственную космическую промышленность, руководители космической программы Индии стремятся активно использовать знания и опыт, накопленные в ходе освоения космического пространства другими государствами. В настоящее время Индия сотрудничает в области исследования космического пространства с Советским Союзом, Соединенными Штатами Америки, Францией, Федеративной Республикой Германии, Японией и Европейским космическим агентством.

В индийской программе на ближайшие годы отражена основная тенденция политики Индии в освоении космического пространства — стремление использовать достижения космической технологии для прикладных целей. Но прежде чем говорить о будущих космических проектах, необходимо остановиться на двух, осуществленных в последнее время.

Первый индийский искусственный спутник Земли «Ариабата». Создавая первый спутник, Индия осваивала космическую технологию, приобретала необходимый опыт проектирования, изготовления, испытаний, запуска и управления на орбите космическими объектами.

В чем же особенности первого индийского спутника Земли? Среди спутников-первенцев «космических» стран «Ариабата» — один из самых крупных и сложных. Это относится и к числу решаемых научно-технических задач, и к инженерному вопло-



щению. За короткий срок индийские специалисты создали основные подразделения, необходимые для проектирования и изготовления сложной космической техники, включая электронные и термические лаборатории, камеру, имитирующую космическую среду, лабораторию для испытания датчиков, различные стенды для проведения механических испытаний. Были построены и оборудованы телеметрические станции в городах Шрихариоте и Бангалоре. В процессе работы над спутником в Индии сложился коллектив высококвалифицированных ученых и производственников, способных решать сложные задачи в области космической технологии, освоено много технологических процессов, приобретен опыт проектирования космических аппаратов.

Советский Союз безвозмездно предоставил комплекс стартовых сооружений и ракету-носитель для запуска индийского спутника, изготовил и поставил Индии солнечные и химические батареи, бортовые магнитфоны и термоизоляционные покрытия. Советские специалисты оказали квалифицированную помощь при разработке и изготовлении спутника. Под Москвой для управления индийским спутником был построен командно-измерительный пункт.

В ходе эксперимента по рентгеновской астрономии наблюдались источники рентгеновского излучения в созвездиях Лебедя, Скорпиона и

Стрельца. Данные гамма-нейтронных исследований позволили оценить интенсивность нейтронного солнечного излучения спокойного Солнца. За время полета спутника был проведен ряд научно-технических экспериментов по управлению спутником на орбите.

Экспериментальная трансляция телевизионных программ. В 1975—1976 годах проводились экспериментальные передачи телевизионных общеобразовательных программ в 2400 небольшие индийские деревни с помощью американского геостационарного спутника ATS-6 (Application Technology Satellite). Экспериментальная станция спутниковой связи в городе Ахмедабаде транслировала программы на местном языке и на языке хинди на сельские телевизионные приемники, оснащенные 3-метровыми круглыми параболическими антеннами. Передачи велись в течение четырех часов ежедневно: 1,5 часа днем отводилось общему образованию, 2,5 часа вечером посвящалось вопросам сельского хозяйства, здравоохранению (особенно гигиене) и культуре. В программы включались и развлекательные передачи. Было продемонстрировано, что национальная космическая промышленность Индии уже сейчас способна создать системы космического телевидения.

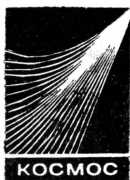
■ *Индийский институт фундаментальных исследований имени Тата*

ПРОЕКТЫ

Проект SLV (Satellite Launch Vehicle — ракета-носитель для запуска спутника). Центр космических исследований имени В. Сарабхая разрабатывает четырехступенчатую твердотопливную ракету-носитель SLV-3, способную вывести искусственный спутник Земли массой 40 кг на околокруговую орбиту высотой 400—500 км. Одновременно Центр по разработке искусственных спутников Земли создает искусственный спутник RS (Rohini Satellite — спутник Рохини) массой 40 кг, который предназначен для контроля бортовых систем ракеты-носителя. Первый запуск ракеты SLV-3 со спутником RS-1 запланирован на 1979 год со стартовых позиций космического центра Шап.

Проект SEO (Satellite for Earth Observations — спутник для наблюдения земной поверхности). Искусственный спутник Земли SEO предназначен для наблюдений земной поверхности из космоса и получения информации о состоянии растительного покрова, водных ресурсов, снежного покрова и т. д.

Для осуществления этих экспериментов на спутнике будет установлена аппаратура дистанционного зондирования, имеющая разрешение порядка 1 км на поверхности Земли. Информация будет записываться бортовыми магнитофонами и приниматься индийскими наземными станциями Ахмедабада и космического центра

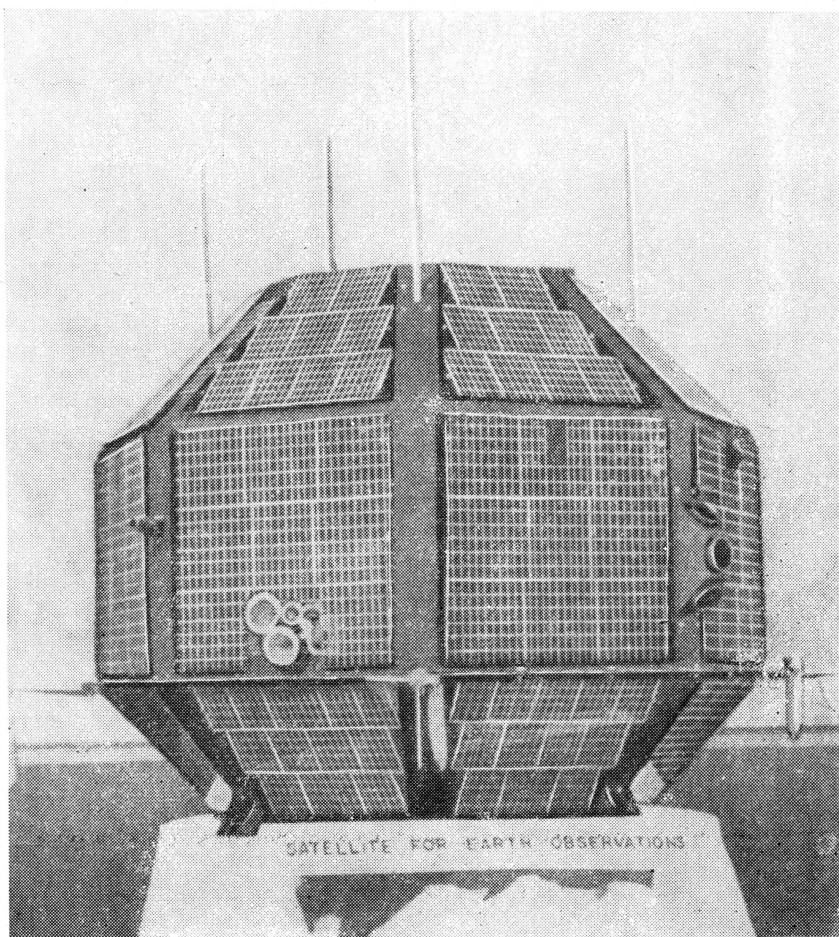
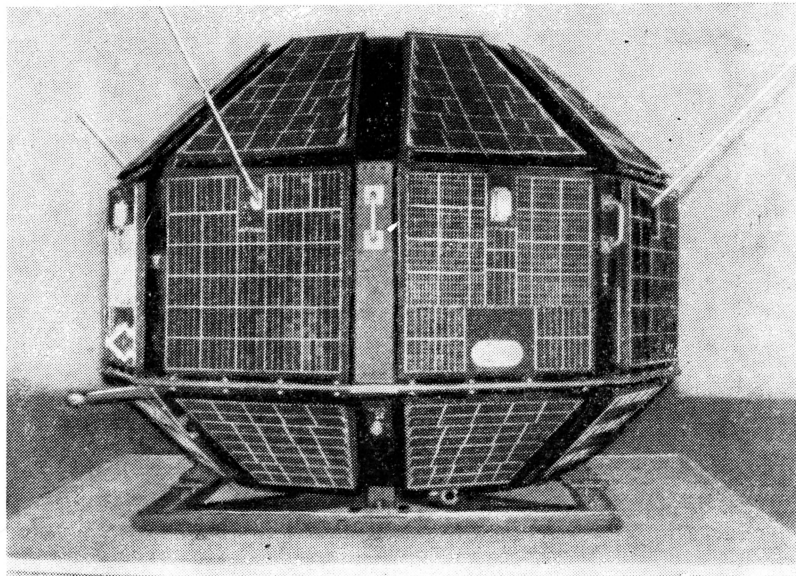


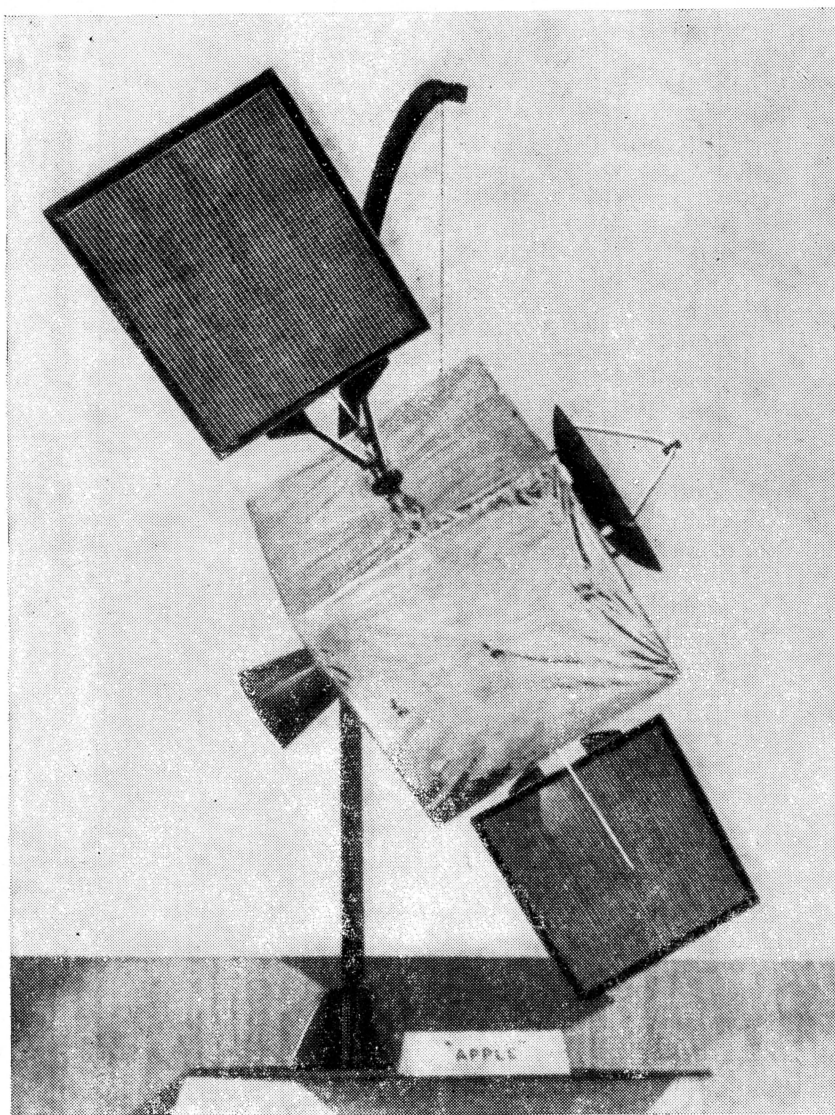
Шар. Спутник создается Центром по разработке искусственных спутников Земли, а научная аппаратура дистанционного зондирования и аппаратура для приема и обработки информации — Центром прикладных космических исследований. Специалисты этого центра разрабатывают методику обработки и интерпретации информации, получаемой от научной аппаратуры спутника SEO. Советский Союз поставил Индии для спутника SEO солнечные и химические батареи, бортовые запоминающие устройства, элементы системы закрутки и корпуса спутника, термические покрытия. Наши специалисты оказывают научно-методическую помощь в разработке научной аппаратуры спутника и его систем. Для управления спутником будет использована советская наземная станция под Москвой.

Искусственный спутник Земли SEO, как и «Ариабата», будет запущен советской ракетой-носителем с советского космодрома. Проект APPLE (Ariane Passenger Payload Experiment Project — экспериментальная дополнительная полезная нагрузка ракеты «Ариан»). Спутником APPLE будут проводиться исследования, необходимые для создания региональной спутниковой системы связи, обслуживающей территорию Индии. Пла-

Первый индийский искусственный спутник Земли «Ариабата»

Модель второго индийского искусственного спутника Земли SEO





нируется, что в 1980 году спутник будет выведен на переходную орбиту с высотой в апогее 36 000 км ракетой «Ариан» (разрабатывается Европейским космическим агентством). На геостационарную орбиту спутник будет переводиться с помощью бортового двигателя индийского производства. Управление спутником будут вести индийские и французские наземные станции.

■
Модель индийского спутника связи
APPLE

Проект INSAT (Indian Satellite — индийский спутник). Спутник «Инсат» предназначен для использования в региональной системе связи Индии. В первую очередь, для непосредственного телевизионного вещания, а также для связи и радиовещания. В отличие от перечисленных выше спутников, изготавливаемых в Индии, «Инсат» должен быть создан и запущен за рубежом. Предполагается, что индийские специалисты будут участвовать на всех этапах работ.

В дальнейшем ИСРО планирует разработку отечественного спутника для



региональной системы связи. Запуск этого спутника (после 1985 года) будет осуществлен индийской ракетой-носителем.

Значительное место в космической программе Индии занимают метеорологические исследования с помощью ракетно-космических средств. Регулярно проводятся запуски зондирующих ракет с полигона ТЕРЛС.

В Ахмедабаде строится станция для приема информации от метеорологических спутников, которые должны быть запущены по международной программе ПИГАП («Земля и Вселенная», № 3, 1975, с. 39—45.—Ред.). Оборудование станции позволит принимать информацию от американских спутников NOAA, западноевропейского спутника «Метеосат», японского спутника GMS, а также советского спутника, которые должны запускаться на стационарную орбиту по программе ПИГАП.

В будущем предполагается разработать и ввести в действие систему сбора метеорологической и океанографической информации в труднодоступных районах материка и океана. Система будет включать автоматические наземные и морские платформы с научной аппаратурой и искусственные спутники Земли, осуществляющие опрос платформ и передачу собранной информации наземным станциям.



Кандидат географических наук
Г. И. РЕЙСНЕР

Геологи обследуют землетрясение

Специалистов в области наук о Земле, работающих в различных уголках нашей страны, часто спрашивают: «Что ищете?» Такое уж сложилось мнение, что если человек идет с геологическим молотком, то он обязательно ищет новое месторождение. И бывает очень трудно объяснить, что не только геолого-поисковики решают важные для науки и народного хозяйства задачи. Их решают и геологи, которые изучают, например, последствия землетрясений.

КАВКАЗСКАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

Экспедиция была создана в Институте физики Земли имени О. Ю. Шмидта в 1950 году. Цель ее — комплексное изучение территории Кавказа для того, чтобы построить наиболее полную модель глубинных процессов в недрах Земли, которые сформировали современный облик района и его внутреннее устройство. Процессы эти нельзя наблюдать непосредственно, но их проявление на поверхности доступно изучению.

В наше время, когда во всех науках, в том числе и в науках о Земле, намечается все более узкая специализация, решение крупных задач уже не под силу одиночкам. За них берутся коллективы специалистов разного профиля. Так, в Кавказской экспедиции трудятся геологи, геоморфологи, геофизики. Однако кроме крупных задач экспедиция решает и многие промежуточные, частные, но отнюдь не менее важные в научном и практическом отношении. Об одной из них — проблеме проис-

хождения складчатости — журнал «Земля и Вселенная» уже рассказывал (№ 2, 1974, с. 67—70. — Ред.).

ЧЕРНОГОРСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

28 июля 1976 года на Северном Кавказе вблизи Грозного произошло мощное землетрясение. Наиболее сильно оно проявилось в районе Черных гор и потому было названо Черногорским. Для обследования землетрясения немедленно была организована комплексная группа из сейсмологов, геологов и геоморфологов Кавказской тектонической экспедиции.

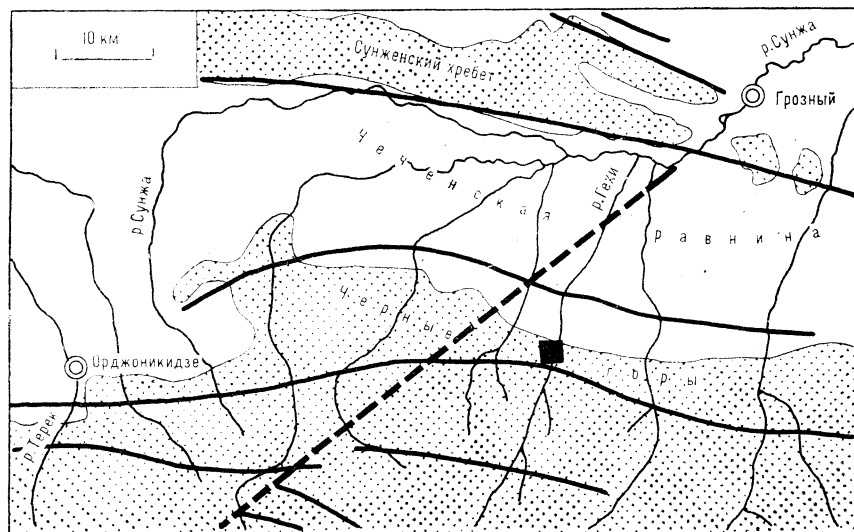
Терять время при изучении последствий землетрясения нельзя по многим причинам. После главного толчка из очага землетрясения все еще излучается сейсмическая энергия. Наблюдением последующих толчков — афтершоков — занимаются сейсмологи. Нельзя задерживаться и геологам, поскольку трещины, оползни, обвалы после землетрясения быстро «залечиваются», особенно в условиях горного рельефа и влажного климата. Оперативно действовать должны и инженеры-сейсмологи, которым необходимо быстрее обследовать поврежденные жилые и хозяйственные постройки.

Еще 29 июля 1976 года группа по обследованию Черногорского землетрясения существовала, как говорят, только на бумаге, а входящие в нее специалисты работали в Москве, Сочи, Тбилиси, Махачкале, Грозном, проводили полевые исследования в Азербайджане. Но уже 1 августа в районе очага Черногорского земле-



трясения появилась первая временная сейсмическая станция. 5 августа началось обследование с вертолета, 6 августа в работу включились геологи.

Черные горы. Один из многочисленных обвалов, появившихся в результате землетрясения



ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Изучая последствия крупных землетрясений, геологи ставят перед собой две задачи. Одна — отыскать места, где после землетрясения изменилась земная поверхность, описать эти места и определить географическое положение эпицентра землетрясения, размеры и глубину его очага. Другая задача — выяснить геологическую ситуацию в районе очага, то есть особенности поверхностной и глубинной структуры и истории ее формирования, которые привели к данному землетрясению.

Первое обследование зоны с вертолета показало, что больше всего земная поверхность изменилась в долине реки Гехи, на небольшом участке площадью 0,5×1 км². С воздуха были видны свежие стенки отрыва коренных пород от крутых склонов, следы перемещения обвальных масс, проторивших широкие просеки на

Схема района Черногорского землетрясения. Области поднятий показаны крапом, области опусканий — белые. Жирные линии — продольные разрывы, пунктирная жирная линия — поперечный разлом. Темный квадрат в долине реки Гехи — район остаточных деформаций Черногорского землетрясения

лесных пологих склонах, многочисленные обвальные подпруды в долине Гехи и в руслах ее притоков. Они образовали системы небольших озер, из которых торчали полузатопленные кроны деревьев. Тут и там разбросаны огромные стволы поваленных деревьев с вывернутыми и расщепленными корнями, желтеет взмученное озеро с коричневым берегом на фоне ярко-зеленой растительности. Все это производило впечатление некоего, неестественного и такое же сильное, как вид пострадавших от землетрясения городов и поселков.

После детального обследования района реки Гехи выяснилось, что наиболее характерными здесь были два явления. Во-первых, относительно молодые коренные породы (конгломераты и глины) отрывались на крутых безлесных склонах, перемещались вниз и образовывали у подножья осыпные конусы. Во-вторых, поверхностный слой пологих склонов, сложенный глинистыми и суглинистыми породами, ополз и растрескался. Земляные массы двигались в направлении наибольшего уклона, что привело к образованию трещин глубиной до 2—3 м и валов высотой до нескольких метров. Во многих местах возникли почти непроходимые завалы, гладкие уступы, земляные торо-

Кое-где оползшие и обвалившиеся земляные массы достигли русла Гехи и ее притоков, перегородили их небольшими плотинами, а выше плотин образовались небольшие озера. К счастью, все это произошло в будний день (старое озеро в долине реки Гехи было излюбленным местом отдыха окрестных жителей) и никто не пострадал.

Естественно было предположить, что район, где проявились остаточные деформации земной поверхности, соответствует области наибольших сейсмических колебаний. На некоторых соседних участках, как оказалось позднее, были даже более благоприятные условия для образования остаточных деформаций, но их, однако, там не обнаружили. Значит, самые сильные колебания произошли именно в долине Гехи.

Второй вывод, который сделали в результате обследования, не менее важен. Все остаточные деформации с геологической точки зрения не очень сильны. Действительно, они возникли на небольшой площади. Во время землетрясения даже сравнительно «слабые» конгломераты и галечники не растрескались на отдельные блоки; срывы в них произошли только на крутых склонах, где и в обычных условиях случались обвалы. Бывали здесь раньше и оползни. Чаша старого озера, перекосившаяся при землетрясении, также обязана своим происхождением древнему оползню. Небольшие замкнутые котловины, нередко заполненные водой, типичны для районов оползневого рельефа. Жителям Москвы, например, это хорошо известно по ландшафту Ленинских гор. Иными словами, землетрясение в Черных горах сыграло роль лишь спускового механизма: все условия для образования обвалов и оползней уже были налицо.

Остаточные деформации описанного типа относятся к разряду **сейсмогравитационных**. Они развиваются в полном соответствии с рельефом местности, а массы горных пород всегда перемещаются в направлении действия силы тяжести. Этим сейсмогравитационные деформации отличаются от **сейсмотектонических**,



которые возникают иногда при сильных землетрясениях. Последние, как правило, «не считаются» с рельефом, и массы пород часто смещаются против направления силы тяжести. Появление сейсмотектонических деформаций связано с выходом очага землетрясения на поверхность. Очаг Черногорского землетрясения на поверхность не вышел. А это означает, что либо очаг был небольшим по размерам, либо крупным, но располагался глубоко.

Решить этот вопрос можно только путем сравнения геологических данных с сейсмологическими. Последние показали, что энергия Черногорского землетрясения велика — его магнитуда 6,3. Кавказ представляет собой

весьма активный сейсмический регион, но и в нем в течение XX века подобных землетрясений (с магнитудой более 6,0) было всего пять. Очаг Черногорского землетрясения, который выявили по расположению повторных толчков, занимает обширную площадь — проекция оси очага на земную поверхность достигает 20—30 км в длину, глубина его — несколько десятков километров. Эти данные хорошо согласуются с геологическими наблюдениями.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Мы уже говорили, что при обследовании крупных сейсмических событий геологи решают и другую задачу: конкретно характеризуют геологические условия этих событий. Ситуация в области Черногорского землетрясения 1976 года оказалась довольно типичной для сильных зем-

летрясений не только Кавказского региона, но и всей области альпийской складчатости, включающей горные массивы Крыма, Карпат, Альп.

В чем же типичность этой обстановки? Во-первых, землетрясение возникло в зоне сочленения крупных структур, по-разному развивающихся в новейшее геологическое время. На юге это растущее поднятие Большого Кавказа (оно включает и Черные горы) вытянуто в общекавказском направлении. На севере — это область опускания, Чеченская равнина, сложенная мощными молодыми осадками. Земная кора не может долго выдерживать пластических деформаций на границе между крупными структурами с разнонаправленным движением — она ломается в зоне разрыва. Такой разрыв как раз и ограничивает поднятие Кавказа с севера. О разнонаправленном движении крупных блоков земной коры в районе Черногорского землетрясе-

■
Казбек — одна из высочайших вершин Кавказа. Отсюда к району Черных гор тянется разлом, с которым связано возникновение Черногорского землетрясения

ния говорят и другие данные — геофизические, структурные, геоморфологические. Например, речные террасы, которые ранее были руслом реки, в Кавказской части сильно приподняты, а в Чеченской опущены. Значит, разнонаправленные движения в зоне предкавказского разрыва происходили в относительно недавнем геологическом прошлом. Они-то и способствовали накоплению в земной коре больших напряжений.

Во-вторых, через зону Черногорского землетрясения от района Казбека до Грозного простирается еще один крупный разрыв. Он также был активен в недавнем геологическом прошлом — с ним повсеместно связаны вулканические явления. Направление этой зоны почти перпендикулярно общекавказскому, а в районе Черногорского землетрясения обе зоны пересекаются.

В-третьих, Черногорское землетрясение произошло не высоко в го-

рах, а в предгорьях, почти на равнине. Это типично и для других кавказских землетрясений, а также для землетрясений на Тянь-Шане и в Туркмении.

Зачем же нужны описания геологических условий в зонах, где возникают сильные землетрясения? В первую очередь, для прогноза сейсмических событий («Земля и Вселенная», № 6, 1978, с. 20—24. — Ред.).

Известно, что сильные землетрясения даже в активных регионах происходят не везде — есть участки практически асейсмичные. Мы уже знаем, что чаще всего крупные удары возникают в зонах пересечения крупных разрывов (в дизъюнктивных узлах). Но даже и эти узлы неодинаково опасны в сейсмическом отношении — ведь они различаются по характеру соприкасающихся структур, истории их развития, подвижности в различные периоды.

Обследование каждого нового

крупного землетрясения расширяет и уточняет наши знания о конкретных геологических условиях в зонах, где происходят мощные подземные толчки. А это позволяет гораздо точнее прогнозировать место и силу землетрясений, которые могут развиться в сходных геологических условиях. Каждое новое крупное сейсмическое событие необходимо тщательно и всесторонне обследовать — только тогда оно становится эталонным, на который можно опереться при решении прогностических задач. Такие эталонные землетрясения характерны для каждого региона. Для Кавказа — это «сильнейшая пятерка» XX века, для Крыма — знаменитое Ялтинское землетрясение 1927 года, для Копет-Дага — Ашхабадское землетрясение 1948 года, для Тянь-Шаня — Карадагское, Верненское, Беловодское, Чаткальское, Кеминско-Чиликское и ряд других землетрясений в конце XIX — начале XX века.

60-й и 61-й РЕЙСЫ «ГЛОМАРА ЧЕЛЛЕНДЖЕРА»

В середине мая 1978 года закончился 60-й рейс научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер». Участники экспедиции изучали строение и геологическую историю дна Тихого океана в районе глубоководного Марианского желоба, вблизи острова Гуам.

Западная и центральная области северной части Тихого океана считаются единой гигантской плитой, которая, перемещаясь на северо-запад, погружается в земные недра и поглощается гигантскими желобами. Один из таких желобов — Марианский. Крупнейшие вулканические дуги на западе Тихого океана (например, Японские, Курильские и Марианские острова), по-видимому, связаны с процессом поглощения Тихоокеанской плиты. В «тылу» островных дуг расположены океанические бассейны. Механизм образования

«тыловых» бассейнов был до сих пор неясен.

С борта «Гломара Челленджера» в районе Марианского желоба пробурили несколько скважин. Рекордная из них достигла 7060 м под ложжем океана (глубина моря здесь 7044 м). Анализ колонок грунта (осадочные изверженные и метаморфические породы), поднятых на борт судна в десяти пунктах, показал, что активный ранее Западно-Марианский подводный хребет откололся от Марианской островной дуги. Вулканизм здесь прекратился около 10 млн. лет назад. Между разорванными дугами образовался бассейн — Марианский междугуовой прогиб. Современные действующие вулканы Марианских островов, возникшие к востоку от желоба, отличаются своей молодостью.

В районе между дугой и желобом подняты вулканические породы возрастом более 45 млн. лет. Они образовались, вероятно, на самых ран-

них этапах вулканической активности дуги. К этому же периоду относятся породы, состав которых редко встречается в пределах островных дуг. Почти везде между островной дугой и желобом более молодые осадочные породы подстилаются вулканическими. Ближе к желобу они претерпевают разлом — сброс в сторону желоба.

Анализ колонок грунта показал неожиданный результат. Ранее предполагали, что участки дна Тихого океана претерпевают сброс в сторону западной части желоба и благодаря этому преддуговая область увеличивается и поднимается. В действительности же оказалось, что она скорее погружается вблизи желоба, хотя некоторые породы из наиболее глубоких скважин и могли первоначально принадлежать Тихоокеанской плите. Теперь приходится считать, что поглощение коры в Марианском желобе проходило более «гладко», чем предполагали ранее, что аккре-

ция материала Тихоокеанской плиты была незначительной и что блоки коры преддуговой области опускаются в желоб и сами могут подвергнуться поглощению.

В 61-м рейсе «Гломара Челленджера» (май — июль 1978 года) изучалось строение и геологическая история дна Тихого океана на западе его экваториальной области. Бурение проводили в нескольких пунктах северо-восточнее Каролинских островов и севернее бассейна Науру (глубина более 2600 м). Скважины прошли более 1000 м под ложем океана. Предполагалось достигнуть позднюрских осадков возрастом 140—150 млн. лет — самых древних пород в бассейне Тихого океана. Однако совершенно неожиданно обнаружили гигантский комплекс вулканических пород мелового периода (120 млн. лет), которые перекрывают юрские. Комплекс, состоящий из базальтовых силлов (пластовых интрузий), лавовых потоков и вулканических осадков оказался не менее 500 м толщиной. Он образовался в результате мощного излияния магмы около 120 млн. лет назад. Образцы пород примерно такого же возраста уже были подняты ранее в других районах, здесь же впервые удалось определить их мощность.

Предварительные данные позволяют заключить, что многие близлежащие островные цепи, а также Маршалловы, Каролинские и острова Гилберта, по крайней мере, частично образовались в результате вулканических событий, достигших кульминации в эпоху позднего мела (примерно 100 млн. лет). Открытие вулканического комплекса поможет прояснить геологическую историю западной части экваториальной области Тихого океана.

В 60-м и 61-м рейсах «Гломара Челленджера» принимали участие специалисты из США, СССР, Франции, Австралии, Италии, ФРГ, Великобритании и Японии.

«Deep Sea Drilling Project» (Scripps Institution of Oceanography), 273, 275, 1978.

Ученый секретарь
Географического общества СССР
Л. И. СЕНЧУРА

НАУЧНЫЕ
ОБЩЕСТВА

Географическое общество СССР

СОЗДАНИЕ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Географическое общество СССР имеет более чем вековую историю. В числе инициаторов его создания были крупнейшие ученые, знаменитые путешественники Ф. П. Литке, К. М. Бэр, Ф. П. Врангель и др. Один из основателей общества и его первый руководитель — выдающийся ученый-географ Ф. П. Литке говорил, что «... для любителей и ценителей географии, этнографии и статистики, приняв эти слова в самом обширном значении, издавна ощутителен недостаток в России общества, которое имело бы целью возделывание и распространение географических наук». Главной задачей, которую поставило перед собой Географическое общество, были сбор и распространение возможно полных и достоверных географических сведений в России и за ее пределами.

Осенним петербургским вечером 7 октября 1845 года в конференц-зале Академии наук собрались на первое общее собрание 48 действительных членов Русского географического общества. Среди них была и славная плеяда русских мореходов — адмиралы И. Ф. Крузенштерн, Ф. П. Врангель, П. Ф. Анжу, Ф. Ф. Беллинсгаузен — и молодежь, уже известная своими научными работами. Капитан-лейтенант С. И. Зеленой впоследствии стал адмиралом и почетным членом Академии наук, лейтенант Ф. Ф. Веселаго — видным историком русского флота. На собрании присутствовали академики К. М. Бэр, Э. Х. Ленц, знаменитый астроном В. Я. Струве, известный геолог

Г. П. Гельмерсен, историк и географ К. И. Арсеньев, путешественники А. Ф. Миддендорф, П. А. Чихачев, директор царскосельского лицея Е. А. Энгельгардт, этнограф и языковед В. И. Даль, один из талантливых литераторов В. Ф. Одоевский.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Территория России, и особенно ее азиатская часть, была тогда мало изучена. Общество организовало первые экспедиции на Северный Урал, Кавказ, в Якутию, на Сахалин.

Выдающийся географ и путешественник П. П. Семенов, сменивший Ф. П. Литке на посту руководителя общества, был первым исследователем Тянь-Шаня, который фактически открыл для науки эту огромную горную страну, и с тех пор его стали называть Семенов-Тянь-Шанский. Позднее он стал инициатором и организатором других крупных экспедиций, в том числе и в Центральную Азию, руководил единственной в дореволюционное время Всероссийской переписью населения (1897 г.), а также был автором и редактором фундаментальных работ по географии России.

Уже в 60-е годы прошлого столетия экспедиции Русского географического общества под руководством А. Ф. Миддендорфа, А. П. Федченко, Н. А. Северцова, И. А. Лопатина, П. А. Кропоткина, Н. М. Пржевальского обследовали территории Средней Азии, Приуралья, Витимского нагорья, Сахалина, Уссурийского края. Распространяя в России географические сведения, публикуя научные



результаты многочисленных экспедиций, Географическое общество становится первым в России издательством географической литературы. В 1846 году выходит первая книжка «Записок Географического общества», два года спустя начинают издаваться «Географические известия» и с 1865 года ежегодно издаются 6 выпусков «Известий». В это время вышли в свет двухтомный «Обзор главнейших путешествий и географических открытий в 5-летие с 1848—1853 годов», «Географо-статистический словарь Российской империи» П. П. Семенова, начинается многотомное издание «Землеведения Азии» К. Риттера с обширными дополнениями П. П. Семенова.

■
Президенты Географического общества с 1845 по 1977 год

В конце XIX — начале XX века экспедиции отправляются в районы озера Байкал и рек Лены, Яны, Индигирки, Нижней Тунгуски. И. Д. Черский исследует в Восточной Сибири гигантский горный хребет, который позднее был назван его именем. В этот же период начинаются обследования зарубежных территорий — Монголии, Центральной Азии, Новой Гвинеи. Больше года прожил среди папуасов Новой Гвинеи и в течение десятилетия проводил исследования на островах южных морей выдающийся русский путешественник Н. Н. Миклухо-Маклай. Огромный вклад в мировую науку внес Н. М. Пржевальский, осуществив четыре знаменитых путешествия в неизведанную Центральную Азию. Позднее туда отправились М. В. Певцов, В. И. Роборовский, П. К. Козлов, братья В. Е. и Г. Е. Грум-Гржимайло,

супруги Потанины. П. К. Козлов обнаружил в пустыне Гоби остатки древнего города Хара-Хото. Е. П. Монганари изучает Черное, а Н. М. Книпович — Баренцево море.

Деятельность Русского географического общества не ограничивалась экспедиционными работами. Начинают выходить труды по климатологии, развиваются этнографо-статистические работы. Общество издает журнал «Живая старина», печатает первую точную гипсометрическую карту европейской части России. Уже в 1851 году на территории России открываются его отделения в Иркутске и Тифлисе, в 1867 году в Вильно и Оренбурге, в 70-е годы в Киеве и Омске, в 80—90-е годы во Владивостоке, Хабаровске, Ташкенте. Русское географическое общество становится авторитетным содружеством отечественных географов.



За семь дореволюционных десятилетий Географическое общество сыграло важную роль в обследовании и изучении Российской территории, в развитии мореплавания, географическом описании Мирового океана.

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СССР

С первых дней Советской власти Географическое общество стало активно участвовать в решении практических задач, вставших перед социалистическим государством.

В трудное для страны время Географическое общество подготавливает к изданию новый географо-статистический словарь РСФСР, создает

Центральный географический музей. Этот уникальный музей, экспозиции которого наглядно отражали природу и естественные ресурсы молодой Советской России, существовал в Ленинграде до 1941 года.

В 1920 году под председательством президента Географического общества Ю. М. Шокальского был создан Комитет Севера, цель которого координировать работы по изучению и практическому использованию Русского Севера. В дальнейшем его функции выполняла Северная научно-промысловая экспедиция, затем Институт по изучению Севера, преобразованный в 1930 году во Всесоюзный арктический институт.

С 1926 года Географическое общество стало называться Государственным географическим обществом, а в 1938 году переименовано в Географическое общество СССР и передано

в Академию наук СССР. В это же время создаются специализированные институты Академии наук СССР — географический, ботанический, зоологический и их филиалы. Научные учреждения Академии наук начали осуществлять широкий комплекс экспедиционных работ. Сохраняя лучшие традиции прошлого, Географическое общество за годы Советской власти превратилось в крупнейшее общественно-научное объединение (более 30 000 действительных членов и 600 членов-коллективов), куда наряду с выдающимися советскими географами влилась талантливая научная молодежь, практические деятели, работники плановых и проектных организаций, педагоги, краеведы, общественные деятели, наиболее способные к научной работе аспиранты и студенты. Общество не только контролирует и координирует исследования в области географических наук, но и самостоятельно проводит научные работы.

Активная деятельность Географического общества прервалась в годы Великой Отечественной войны в связи с блокадой Ленинграда. В здании, где оно размещалось, были затоплены нижние помещения, снарядом разрушен архив. Но благодаря самоотверженным усилиям сотрудников архивные материалы удалось спасти. Все суровые блокадные годы общество обслуживало своей библиотекой и собранием карт армию, флот, участвовало в разработке ледовой трассы через Ладожское озеро. За самоотверженную работу в годы войны и сохранение уникальных научных ценностей архива и библиотеки активные сотрудники общества были отмечены правительственными наградами.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА СССР

Каков же характер деятельности Географического общества СССР в настоящее время? В первую очередь — это обсуждение научных исследований. Общество организует совещания, конференции и симпозиумы по различным научным проблемам. Благодаря компетентному и

Большая Золотая медаль Географического общества СССР и Золотые медали имени Ф. П. Литке, Н. М. Пржевальского, П. П. Семенова



коллективному обсуждению проблем повышается качество работ, выполняемых в различных сферах географической науки.

Общество проводит самостоятельные исследования. Например, работы фенологического сектора Географического общества, занимающегося изучением сложных законов сезонной динамики географической оболочки Земли, имеют важное значение для рационального использования природных ресурсов.

Географическое общество выдвигает новые проблемы, лежащие на стыках наук, и создает предпосылки для решения этих проблем. Одной из интереснейших и наиболее перспективных наук географического цикла стала медицинская география.

В прошлом она изучала лишь распространение болезней на земном шаре, а теперь дает прогнозы и рекомендации по вопросам наиболее благоприятных для человека условий жизни, по охране здоровья людей в различных географических зонах. Используя данные и методы картографии, геохимии, ландшафтоведения, климатологии и других наук, медицинская география создает научное обоснование для размещения трудо-

вых ресурсов в осваиваемых районах.

В последние годы организации Географического общества сосредоточили свои усилия на всестороннем изучении ресурсного потенциала земного шара, анализе конкретных особенностей формирования, развития и воспроизводства природных и общественных структур, социально-экономическом, физико-географическом и экологическом районировании, научном прогнозировании возможных последствий воздействия человека на природную среду.

Наиболее важная и самая крупная проблема, которую решает сейчас Географическое общество СССР, — это принципы и методы прогнозирования влияния деятельности человека

■
Норвежский путешественник Тур Хейердал (в центре) в сопровождении президента общества академика С. В. Калесника (справа) и профессора Л. Е. Редина в Географическом обществе СССР (1969 г.)

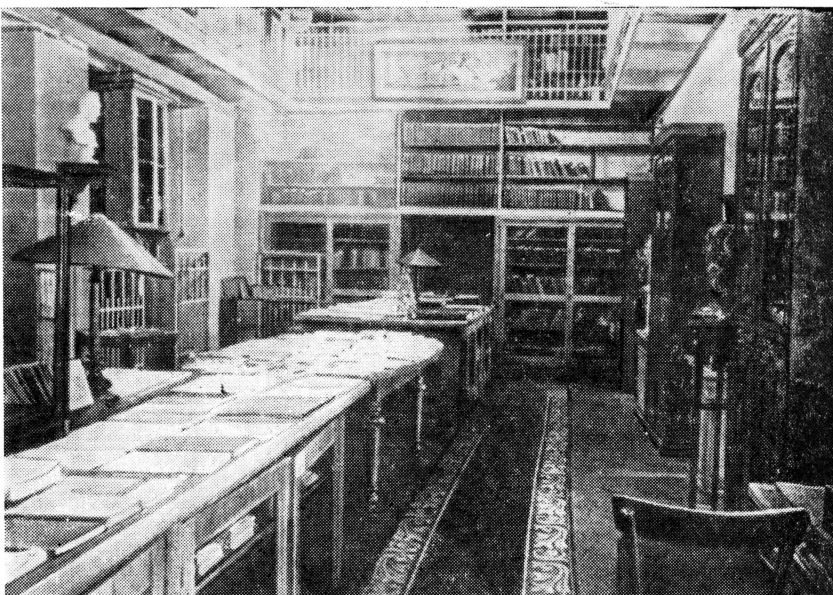
на окружающую среду. Изучаются природные ресурсы регионов, оцениваются территориальные системы и их связь с природной средой, решаются проблемы использования трудовых ресурсов, даются научно обоснованные прогнозы влияния хозяйственной деятельности человека на природную среду, вносятся конкретные предложения по охране и рациональному использованию природных ресурсов. В ходе этой работы активизируют свою деятельность старые и создаются новые проблемные комитеты, например, комитеты по Десне, Уралу, Нечерноземью, БАМу, а также комитеты по мелиорации земель, переброске стока вод. Работу всех этих комитетов организует и координирует Географическое общество СССР.

Общество уделяет большое внимание географическому образованию в средней школе и вузах, пропаганде географических знаний среди населения. Ежегодно ученые читают более 40 000 лекций и докладов.

Гордость Географического общества — его Центральная библиотека в Ленинграде. Это одна из лучших географических библиотек мира, насчитывающая 0,5 млн. книг и карт по географии и смежным дисциплинам.

Общество располагает старейшим и единственным в нашей стране специальным географическим архивом. В его фондах более 100 000 рукописей и других документов по географии, истории и смежным наукам, документы многочисленных экспедиций, личные фонды нескольких поколений русских исследователей-путешественников, деятелей литературы и искусства. Здесь сосредоточены ценнейшие документальные источники по истории географической науки. Архивные материалы неоднократно демонстрировались на стендах документальных выставок, на основании этих материалов опубликовано более тысячи научных работ. Сотрудники архива оказывают помощь в подборе экспонатов краеведческим музеям страны.

В своей деятельности общество руководствуется уставом. Высший орган Географического общества



СССР — съезд, который созывается каждые пять лет. Между съездами обществом руководит совет и президиум во главе с президентом.

Географическое общество объединяет сегодня 14 республиканских обществ, более 200 филиалов и отделов.

Географическое общество оценивает лучшие географические работы, присуждает Большую Золотую медаль Географического общества СССР, Золотые медали имени Ф. П. Литке, П. П. Семенова, Н. М. Пржевальского и премию имени С. И. Дежнева.

Географическим обществом СССР руководили замечательные советские ученые: Ю. М. Шокальский — почетный член АН СССР, океанограф и картограф (1917—1931); Н. И. Вавилов — академик, крупнейший советский ботаник и организатор сельскохозяйственной науки, его ландшафтная генетика стала одним из важ-

нейших направлений практической географии (1931—1940); Л. С. Берг — академик, географ и зоолог, создатель ландшафтной географии (1940—1950); Е. Н. Павловский — академик, крупнейший советский зоолог и паразитолог, основатель учения об очаговости болезней и ландшафтной паразитологии (1952—1964); С. В. Калесник — академик, внесший огромный вклад в физическую географию, гляциологию, лимнологию, обогативший передовыми идеями советскую географическую науку (1964—1977).

Сейчас Географическое общество возглавляет известный исследователь полярных областей, океанолог, член-корреспондент АН СССР А. Ф. Трешников.

Географическое общество СССР всегда участвовало в решении проблем, имеющих международное значение, и активно выступает за укрепление международного научного сотрудничества.

Библиотека Географического общества СССР



В. М. ШУВАЛОВ

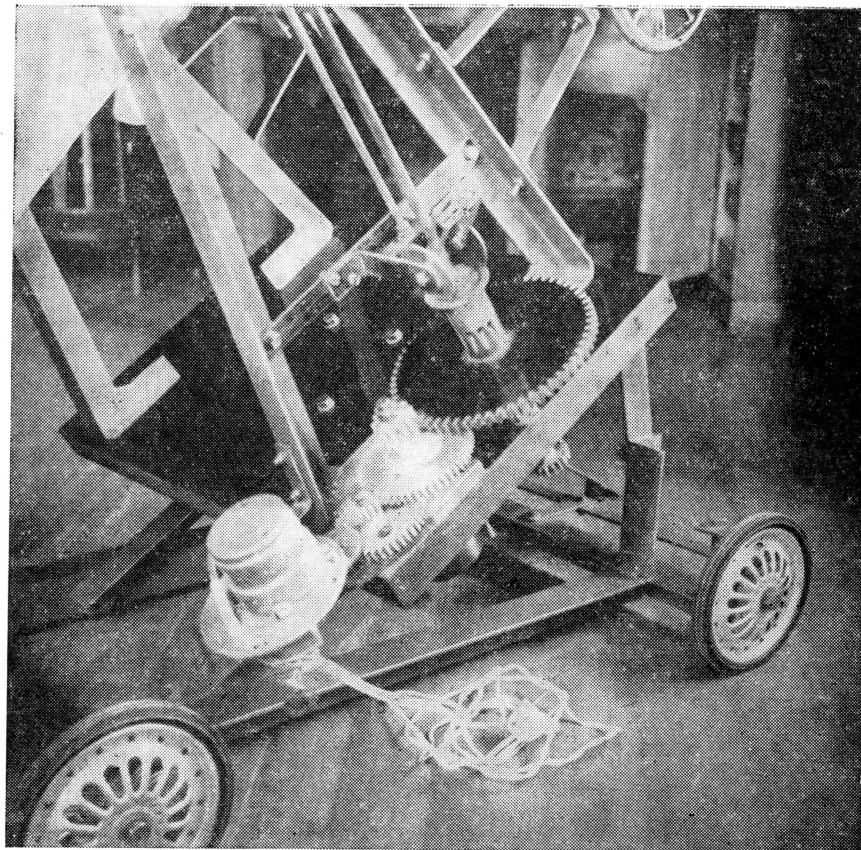
Часовой механизм для самодельного телескопа

Часовой механизм, который автор статьи изготовил для самодельного телескопа системы Ньютона («Земля и Вселенная», № 4, 1978, с. 81–83), приводится в действие электродвигателем от елочной вертушки. Такой электродвигатель имеется в продаже. Его мощность 15 Вт, он делает 7,5 оборотов в минуту, или 10 800 оборотов в сутки. Чтобы труба телескопа точно следовала за суточным движением неба, необходим редуктор с отношением передач 10 800.

Проще и надежнее собрать редуктор из нескольких пар обычных цилиндрических шестерен. Можно, конечно, использовать в редукторе червячную передачу. Однако ее изготовление — дело трудоемкое, подобрать же готовую червячную передачу сложно. Кроме того, червячная передача требует постоянной смазки, иначе она быстро изнашивается.

Телескоп системы Ньютона, построенный автором, уже имеет один редуктор для плавного ведения ручную трубы. Передаточное отношение в этом редукторе равно 100. Часовой механизм кинематически связан с вертикальным валиком телескопа. За один оборот трубы вокруг часовой оси вертикальный валик делает 22,2 оборота, а за 1 минуту — 0,0154 оборота.

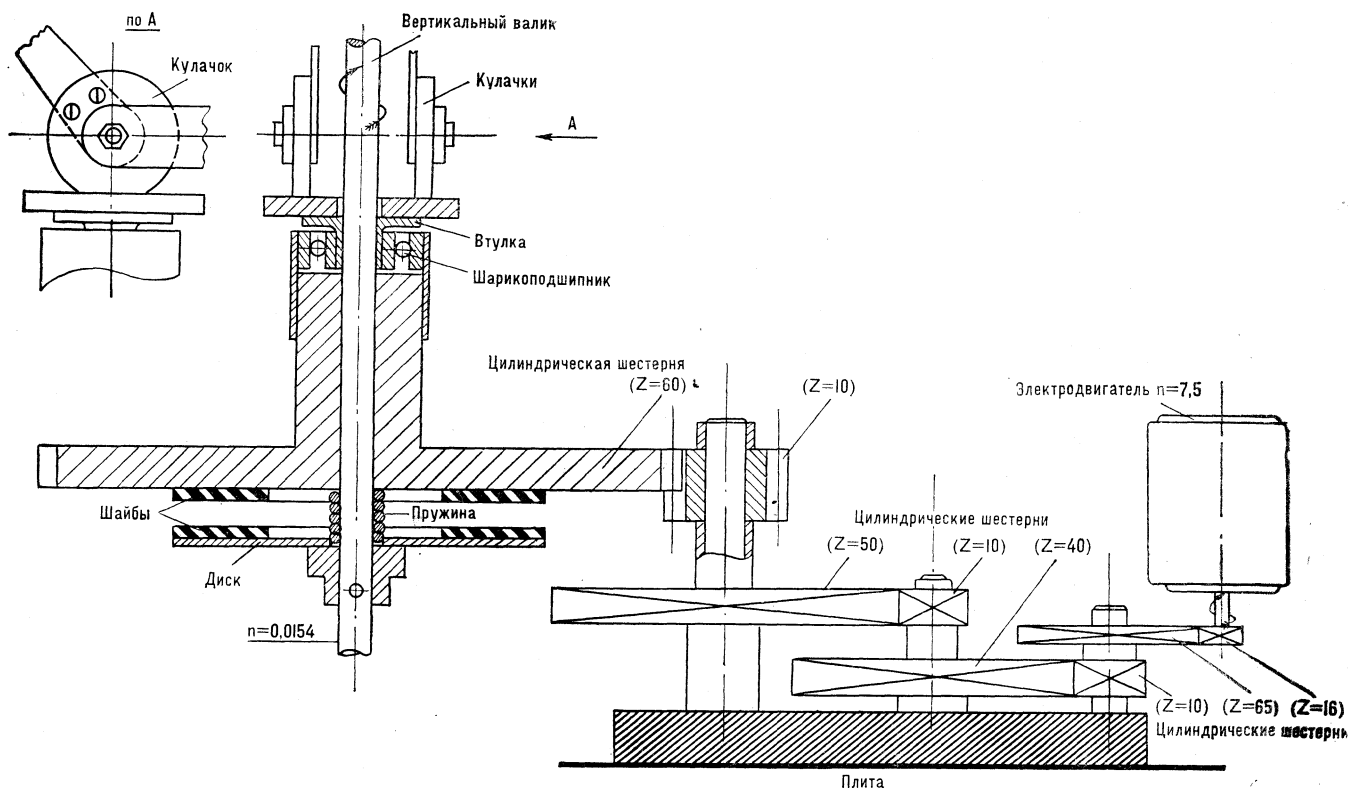
Электродвигатель от елочной вертушки имеет отверстия с резьбой для крепления и шестерню на валу ($Z=16$, $M=0,8$). Редуктор, передающий вращение от электродвигателя вертикальному валику телескопа, собран из восьми шестерен. Отношение зубчатых передач в редукторе: $\frac{16}{65}$, $\frac{10}{40}$, $\frac{10}{50}$, $\frac{10}{80}$. Каждое из чисел соответствует количеству зубцов ше-



Часовой механизм для самодельного телескопа

стерен. Если перемножить эти отношения и их произведение умножить на число оборотов электродвигателя (7,5), то получится нужное нам число оборотов в минуту вертикального валика телескопа (0,0154).

Шестерни редуктора спарены и надеты на пальцы, укрепленные на плите. Она установлена на основании, несущем вилку телескопа. Последняя шестерня в кинематической схеме ре-



дуктора ($Z=60$) свободно вращается на вертикальном валике телескопа и связана с ним фрикционом. Такое устройство позволяет быстро выключать часовой механизм, если понадобится повернуть трубу вручную, и столь же быстро включать его.

Фрикционный узел состоит из нескольких деталей. Шестерня ($Z=60$), которая может свободно скользить по вертикальному валику, опирается на пружину, а та, в свою очередь, опирается на диск, укрепленный на валике. К поверхности диска и нижней плоскости шестерни приклеены эпоксидным клеем шайбы из твердой резины. Когда шестерня опускается и сжимает пружину, шайбы, соприка-

саясь, обеспечивают прочное сцепление шестерни с диском. Таким образом вращение шестерни передается вертикальному валику и связанной с ним трубе телескопа.

Если пружина разжата, то ступица шестерни и встроенный в нее шарикоподшипник давят на верхнюю втулку с площадкой. Площадка опирается на пару идентичных кулачков, которые могут поворачиваться вокруг оси. Кулачки связаны с рычагом включения часового механизма. Их оси закреплены на кронштейнах телескопа. Каждый кулачок представляет собой «усеченный круг», хорда которого служит для устойчивого положения при выключенном механизме. Когда часовой механизм включается, оба кулачка одновременно поворачиваются. Они давят на площадку, которая толкает вниз шестерню, заставляя сжиматься пружину. Фрикционные шайбы соприкаса-

ются, и вертикальный валик телескопа приводится во вращение, а вместе с ним приходит в действие механизм вращения трубы телескопа.

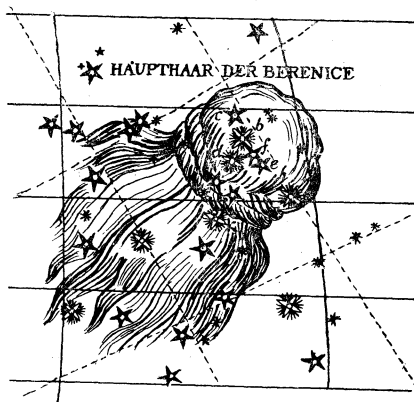
Кинематическая схема часового механизма

Волосы Вероники

Протяженная группа слабых звезд между созвездиями Девы, Льва и Волоса долгое время не имела названия. Ее относили к одному из этих созвездий и именовали то «Кисточкой на хвосте Льва», то «Кадуцеем» — жезлом Меркурия, с которым изображалась Дева, то «Снопом пшеницы» — землелашца Волоса. Как самостоятельное созвездие Волосы Вероники, эта группа звезд впервые оформлена в каталоге Тихо Браге 1590 года, и с тех пор название утвердилось на звездных картах.

Волосы Вероники — единственное «историческое» созвездие. В 245 году до нашей эры в Египте произошло событие, которое воспел в поэме «Локон Береники» хранитель Александрийской библиотеки Каллимах. Оно и положило начало легенде о Волосах Вероники.

Белокурая красавица Вероника, дочь египетского царя Птолемея II Филадельфа, вышла замуж за царя Птолемея III Эвергета. Вскоре после свадебного пира ее супругу пришлось отправиться на битву с сирийским царем Селевком II Каллиником. Опечаленная Вероника дала клятву богине Афродите, что принесет в жертву свои роскошные волосы, если ее муж вернется живым и невредимым. Птолемей Эвергет одержал победу. В день его возвращения в Александрию обрадованная Вероника отнесла в храм свои волосы, но в первую



же ночь они исчезли. Веронику охватило отчаяние. Успокоил ее придворный астроном Конон, сказав, что богиня вознесла волосы на небо и превратила их в звезды.

Позже знаменитый математик, географ, астроном Эратосфен объединил в созвездие Волосы Вероники группу звезд, расположенную между созвездиями Девы, Льва и Волоса. Конон нанес новое созвездие на небесный глобус Александрийской библиотеки.

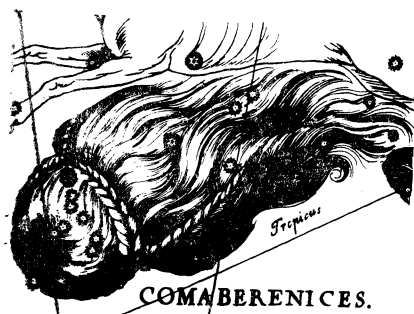
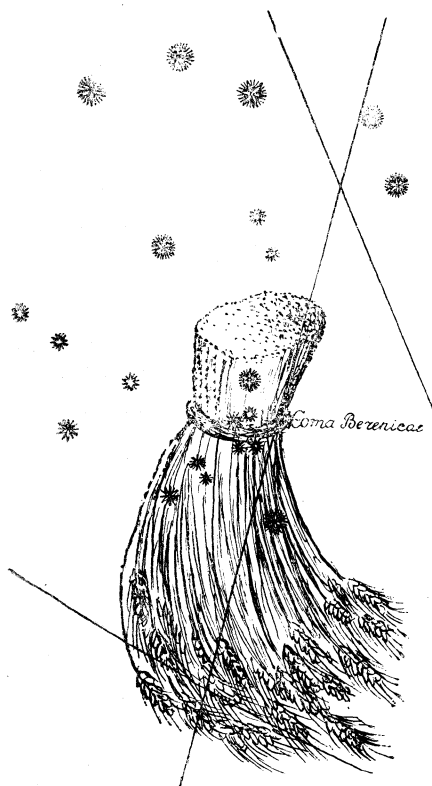
Созвездие Волосы Вероники древнегреческий астроном Птолемей именовал Плокамос (кудри волос), арабский астроном аль-Суфи называл его аль-Диафира (женская коса) без указания, кому она принадлежит. Известны и другие названия созвездия: Волосожар — на Украине, Эрнекахл (пучок гороха) — в Эстонии.

И. И. НЕЯЧЕНКО

■ Созвездие Волосы Вероники из «Уранометрии» И. Байера (1645 г.)

■ Созвездие Волосы Вероники из звездного атласа Я. Гевелия (1687 г.)

■ Созвездие Волосы Вероники из немецкого атласа прошлого века





НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ В ЧЕХОСЛОВАКИИ

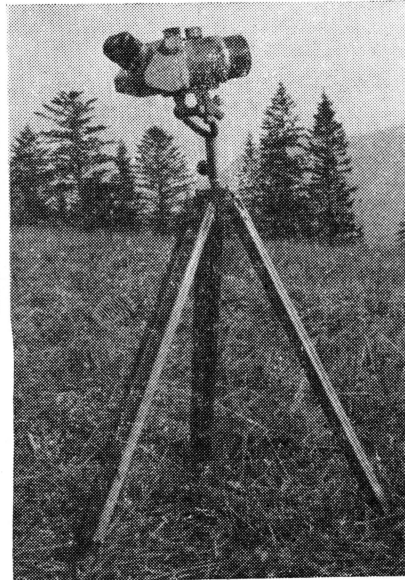
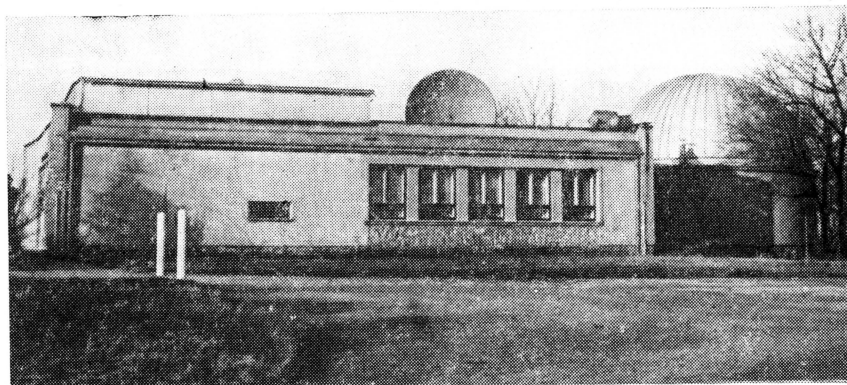
Двадцать пять лет активно работает при обсерватории и планетарии имени Николая Коперника в городе Брно метеорная секция — признанный в Чехословакии центр любительских наблюдений метеоров.

Каждый год обсерватория организует экспедиции, в которых принимают участие самые опытные и трудолюбивые наблюдатели метеоров всей страны. Они работают под руководством астрономов-специалистов. Состоялось уже 32 таких экспедиции.

В августе 1977 года метеорная экспедиция выезжала в Низкие Татры. На гребне Лупчанской Магуры 30 участников экспедиции проводили наблюдения по программе «Определение функции светимости метеоров». (Функцией светимости называется закон распределения метеоров по звездным величинам, исправленным с учетом атмосферного поглощения и приведенным к стандартной высоте 100 км в зените.— *Ред.*) В каждую из четырех групп входил секретарь, который в специальном журнале фиксировал номер наблюдателя, заметившего метеор, время, направление, звездную величину, относительное положение, скорость, длину и цвет метеора. Наблюдения велись в небольшие телескопы.

За семь ясных ночей было зарегистрировано 3598 метеоров, из которых 686 были замечены не менее чем двумя наблюдателями. В одну из этих ночей удалось наблюдать 1023 метеора!

В архиве обсерватории города Брно хранятся данные примерно о 50 000 зарегистрированных метеоров. Ре-



■ Планетарий имени Николая Коперника в городе Брно

■ Идут наблюдения метеоров

■ Телескоп, в который ведутся наблюдения метеоров

зультаты наблюдений публикуются в «Трудах обсерватории и планетария в городе Брно» и научных журналах.

Е. НОВАКОВА (ЧССР)



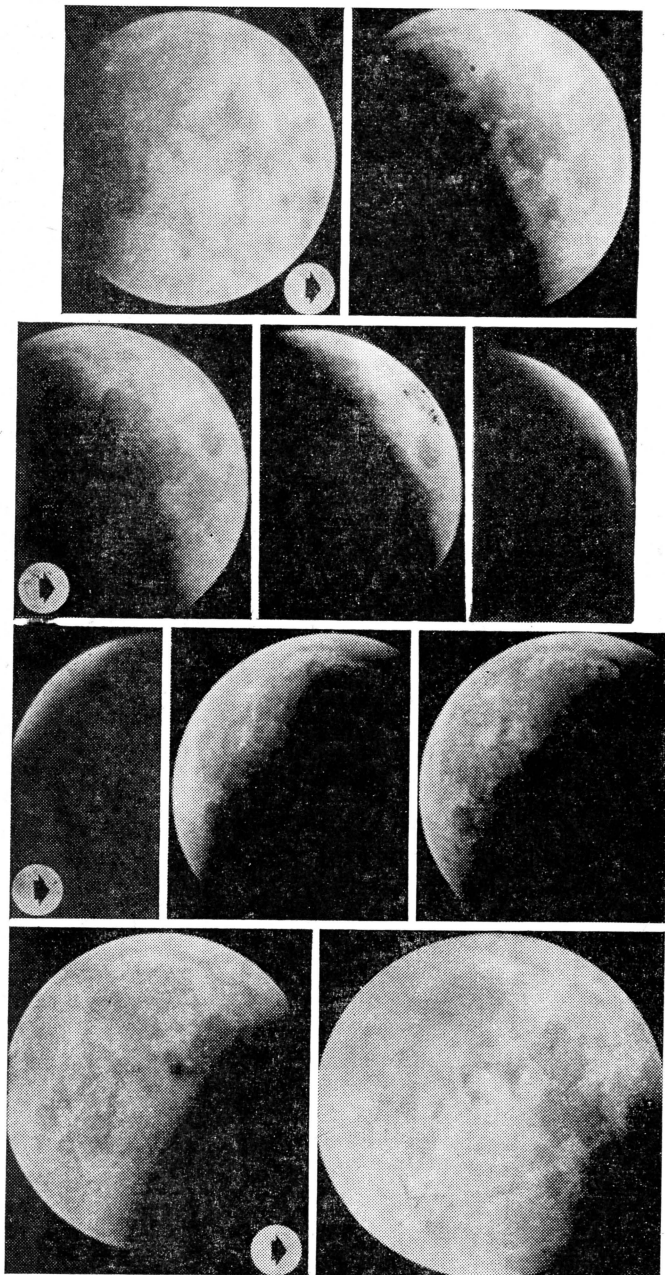
НАБЛЮДЕНИЯ ЛУННОГО ЗАТМЕНИЯ

16 сентября 1978 года любители астрономии в разных пунктах нашей страны наблюдали полное лунное затмение. Не везде погода благоприятствовала наблюдениям. Весь ход затмения проследили студенты Адыгейского государственного педагогического института в городе Майкопе. Вместе со своим преподавателем А. Е. Николаевым студенты В. и Н. Безбородовы, Н. Любая, Л. Штезель, Т. Шашлыкова и Т. Котова фотографировали фазы затмения на двух 80-миллиметровых школьных телескопах и школьном телескопе системы Максудова.

Хорошие фотографии затмения сделал житель Нижнего Тагила Ф. Г. Шваб. Вся его семья участвовала в этих наблюдениях. Они не только фотографировали затмение, но и вели визуальные наблюдения в бинокль.

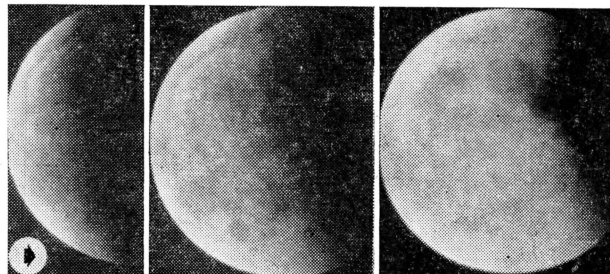
Многие любители астрономии определяли яркость затмения по шкале Данижона. Как известно, балл 0 соответствует очень темному затмению, балл 4 — очень яркому. Наблюдатели из города Калининграда В. Прудников и Г. Буданов оценили яркость затмения в 2—3 балла, любитель астрономии из Донецка С. Филатов — в 2 балла. С. Филатов, помимо фотографирования затмения, измерял люксметром, как падает блеск Луны во время затмения. Большинство наблюдателей определили цвет затмения как темно-красный с рыжеватым отливом.

Редакция благодарит кружковцев и учеников 8—10 классов Черниговской средней школы Запорожской области (руководитель В. Г. Мормыль), девятиклассника А. Пчельникова (Йошкар-Ола), А. В. Иванова (Днепропетровск) и всех других любителей астрономии, приславших фотографии и результаты наблюдений полного лунного затмения. Эти материалы переданы в астрономическую секцию Центрального совета ВАГО.



Фотографии полного лунного затмения 16 сентября 1978 года. Их получил Ф. Г. Шваб — любитель астрономии из Нижнего Тагила (фотокамера «Зенит-Е» с объективом МТО-1000 А, пленка чувствительностью 250 ед. ГОСТа, экспозиция $\frac{1}{30}$ и $\frac{1}{60}$ секунды)

Частные фазы лунного затмения 16 сентября 1978 года. Снимки сделали в городе Калининграде десятиклассник В. Прудников и студент Калининградского университета Г. Буданов (фотокамера «Зенит-Е», установленная на 80-миллиметровом школьном телескопе; пленка чувствительностью 250 ед. ГОСТа)





Полковник-инженер
М. Ф. РЕБРОВ

«Трудные дороги космоса»

В 1978 году в издательстве «Молодая гвардия» вышла книга дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР, генерал-лейтенанта авиации В. А. Шаталова «Трудные дороги космоса». За эту книгу ему присуждена первая премия Всесоюзного литературного конкурса имени Николая Островского. Редакция журнала «Земля и Вселенная» сердечно поздравляет Владимира Александровича и желает ему новых творческих успехов.

Прежде чем говорить о самой книге, скажу несколько слов о ее авторе. Владимир Шаталов — руководитель подготовки советских космонавтов — трижды выходил на космические орбиты, пилотируя корабли «Союз-4» (1969 г.), «Союз-8» (1969 г.) и «Союз-10» (1971 г.). И пусть для широкого круга читателей он известен как автор ряда публикаций по проблемам космонавтики, эта его книга — своеобразный дебют в мемуарной литературе. Возможно, определение жанра и не совсем точное.

«Трудные дороги космоса» — скорее не рассказ о времени и о себе, а попытка проследить развитие пилотируемых космических полетов не только в хронологическом порядке, но и по существу решаемых задач. Делается это и сквозь призму личных восприятий участника «звездных экспедиций» и восприятий людей, которые причастны к штурму космоса, к становлению отряда космонавтов.

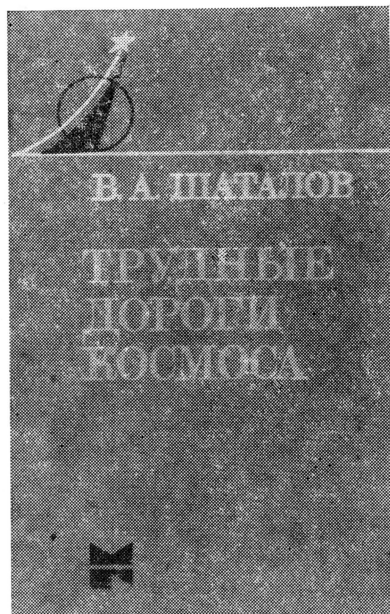
Владимиру Шаталову есть что сказать, а потому говорит он уверенно, с анализом и обобщениями, рассуждениями глубокими и строгими. Он посвящает читателя в малоизвестные, а порой и вовсе неизвестные факты из истории Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина, рассказывает о событиях, связанных со стартами его товарищей, о проблемах человеческих и технических. Читате-

ли как бы приобщаются к тем историческим свершениям, которые сегодня определяются двумя словами: покорение космоса.

Познакомившись с героями книги — летчиками, космонавтами, инженерами, конструкторами, врачами, методистами, лучше понимаешь замысел автора, который кратко выражен в самом названии «Трудные дороги космоса».

За некоторыми биографическими данными автора видится много большего, чем отдельные факты, события. Достоверность, «непридуманность» содержания не только захватывают читателя, но и позволяют как бы в ином свете увидеть «начало» — тот период, когда группа молодых людей, в основном военных летчиков, обживаетеся на новом месте, приобретает новую профессию. И эта новая для вчерашних авиаторов жизнь и работа отнюдь не проста, она полна трудностей, испытаний, неудач, преодоление которых закаляет характеры, движет вперед большое и важное дело.

Пафос книги — в неумейной жажде труда на благо Родины, в тяге людей к неизведанному, масштабному, к совершенствованию окружающего мира и самих себя. Эта целеустремленность характеров Юрия Гагарина, Алексея Леонова, Владимира Комарова, Петра Климука, Георгия Берего-



вого и других не появилась сама собой. Владимир Шаталов подчеркивает, что армейская служба, военная авиация дали первопроходцам космоса не только специальную подготовку, но и физическую, а главное, идейно-психологическую закалку, которые помогают им трудиться на мирном поприще.

Ярко, с конкретными примерами и запоминающимися подробностями рассказывает автор о подготовке к космическим полетам, о комплексных тренировках, стартах с космодрома Байконур, совместном советско-американском эксперименте по программе «Союз» — «Аполлон», стартах интернациональных экипажей братских социалистических стран по программе «Интеркосмос» и т. д. Это, действительно, рабочие будни, трудные дороги космоса.

Интерес к повествованию во многом поддерживается еще и тем, что автор — профессиональный летчик и космонавт — рельефно, со знанием предмета, «изнутри» раскрывает особенности своей профессии, той «космической работы», с которой он связал свою жизнь. Рассказ о своей жизни Владимир Шаталов ведет с чувством большой благодарности тем, кто помогал ему в осуществлении мечты, кто учил его летать, кто дал путевку в космос. В этих воспоминаниях — и «незаживающая» память войны, и годы напряженной учебы, и неутолимая жажда знаний. Мысль о том, что в космосе эти знания нужны во всевозрастающем объеме, что они позволяют насыщать программу каждого старта «делами практической важности», что они — тот ключ к тайнам окружающего нас мира, который мы называем Земля и Вселенная, проходит через все повествование.

У книги есть посвящение: «Ленинскому комсомолу — верному сыну Коммунистической партии — в год 60-летия ВЛКСМ посвящаю эту книгу». Автор убежден, что будущие покорители космоса — это сегодняшняя молодежь, комсомольцы и пионеры, ровесники «Востоков» и «Восходов», «Союзов» и «Салютов».

На смену старшим поколениям космонавтов приходит молодежь. Ей идти дальше, ей дерзать, ей покорять трудные дороги космоса.

Заканчивается книга раздумьями автора, своеобразной переключкой времен: «Время не подвластно человеку. Мы не можем им управлять. Но уже сегодня своим разумом, своим трудом мы сами можем ускорять свое движение вперед, приближая далекое завтра. Время не подчиняется нам, но оно работает на нас, на тех, кто верит в светлое будущее человечества, кто стремится к нему, этому будущему».

Мы уверенно идем по дороге, проложенной в космос Юрием Алексеевичем Гагариным. Коммунистическая партия, советский народ доверили ему сделать первый шаг в космос. Он сделал его и на века останется в памяти как первопроходец Вселенной».



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

Можно ли было в середине июля 1978 года наблюдать невооруженным глазом крупное солнечное пятно?

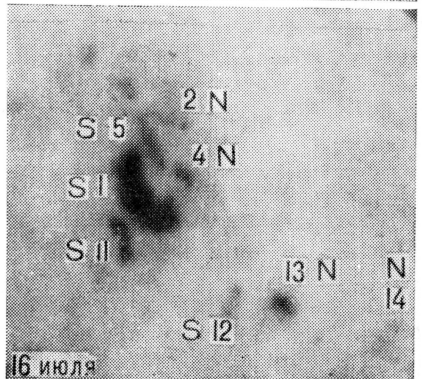
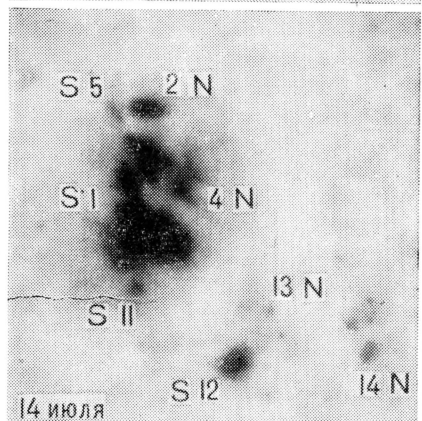
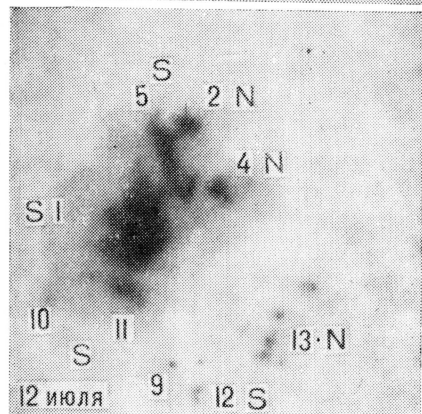
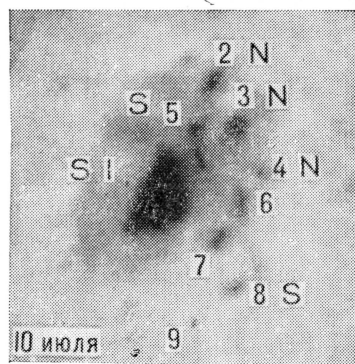
А. В. Борисов (Харьков)

По просьбе редакции на этот вопрос отвечают научные сотрудники Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР Е. В. ИВАНОВ и Л. И. СТАРКОВА.

Солнечные пятна — одно из типичных проявлений солнечной активности. Поток лучистой энергии в тени пятна по сравнению с окружающей фотосферой ослаблен примерно в 3 раза, вследствие чего пятно кажется темным. Температура пятна примерно на 1500° ниже температуры окружающей фотосферы и составляет около 4500 К. Чаще всего пятна встречаются не поодиночке, а в виде групп из одного (униполярная группа) или двух (биполярная группа) пятен, окруженных россыпью более мелких пятен. По мере развития группы структура ее может изменяться.

Большинство пятен имеет размеры меньше $1'$ (около 43 000 км на Солнце), их, как правило, невооруженным глазом нельзя обнаружить, поскольку предельная разрешающая способность человеческого глаза обычно не превышает $1'$. Однако нередко бывают и более крупные пятна или компактные группы пятен, которые можно наблюдать невооруженным глазом, если смотреть на Солнце

Развитие большой группы солнечных пятен (пятна пронумерованы) с 10 по 16 июля 1978 года. S — пятна южной полярности, N — северной полярности



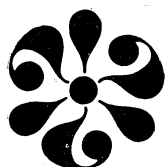
через темный фильтр или закопченное стекло. В максимуме солнечного цикла, когда число пятен на Солнце особенно велико, крупные пятна встречаются чаще и увидеть их, конечно, легче. Самое большое из всех когда-либо наблюдавшихся пятен имело размеры около 185 000 км (больше 4').

В 1978 году происходил рост солнечной активности, предшествующий очередному максимуму солнечного цикла, который ожидается в начале 80-х годов. Внимательный наблюдатель с достаточно острым зрением, регулярно рассматривая Солнце сквозь темное стекло, мог заметить в 1978 году несколько крупных пятен на Солнце. В 1979 году их ожидается еще больше.

Крупные пятна наблюдались в 1978 году в апреле, мае, июле и сентябре. Группа, которая проходила по солнечному диску 8—21 июля, имела размеры, превышавшие 43 000 км на Солнце (площадь группы была больше 0,001 площади видимой полусферы Солнца). Как развивалась эта группа? С 10 по 16 июля основные изменения происходили в структуре расположения мелких пятен, окружавших самое крупное пятно. К 12 июля ряд мелких пятен исчез, другие же стали крупнее. Возникла группа небольших пятен к юго-западу от основной группы. Магнитное поле в группе пятен с 10 по 14 июля было довольно сложным, к 15 июля оно упростилось и стало биполярным. Пятна северной

и южной полярности образовали две параллельные цепочки в направлении с северо-востока на юго-запад.

В группе наблюдалось довольно много вспышек. Особенно высокая вспышечная активность отмечена 10 и 11 июля: тринадцать вспышек одного и двух баллов — 10 июля и пять вспышек одного и двух баллов — 11 июля. 11 июля в этой же группе была зарегистрирована вспышка, которая по своему рентгеновскому излучению оказалась самой интенсивной из всех, когда-либо наблюдавшихся на Солнце. Столь сильная вспышечная активность, по-видимому, связана с перестройкой магнитного поля в группе пятен, что отразилось на изменении общего вида группы пятен с 10 по 12 июля 1978 года.



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

ПОЛЕТЫ ЗАРУБЕЖНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ СТАНЦИЙ

Редакция продолжает публикацию сводных данных о космических экспериментах («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 86—92; № 4, 1977, с. 91—94; № 5, 1977, с. 85—91; № 1, 1978, с. 89—95; № 6, 1978, с. 90—92;

№ 1, 1979, с. 76—78.— Ред.). Таблица запусков зарубежных автоматических межпланетных станций (АМС) включает американские станции «Пионер», «Маринер», «Викинг» и «Вояджер», а также западногерманские «Гелиос». (Неудачные запуски в таблице не приведены.)

По просьбе редакции таблицу составил Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ.

№№ п/п	Наименование станции	Дата запуска	Задачи полета и основные сведения о нем	Масса станции, кг
Станции «Пионер»				
1.	«Пионер-4»	3.III.1959	Исследования околоземного и окололунного пространства. Станция прошла на нерасчетном расстоянии (60 тыс. км) от Луны и вышла на гелиоцентрическую орбиту. Связь со станцией поддерживалась до расстояния 655 тыс. км в течение 82 часов. Получены данные о космическом излучении.	6
2.	«Пионер-5»	11.III.1960	Исследования межпланетного пространства между орбитами Земли и Венеры, а также изучение возможности дальней связи. АМС вышла на гелиоцентрическую орбиту с перигелием 120 млн. км. Связь поддерживалась до расстояния 36,2 млн. км (рекордное расстояние для того времени) и прекратилась 7.VII.1960. Получены данные о протяженности магнитосферы Земли, о радиации, порождаемой вспышками на Солнце.	43
3.	«Пионер-6»	16.XII.1965	Исследования межпланетного пространства между орбитами Земли и Венеры. АМС вышла на гелиоцентрическую орбиту с перигелием 121,8 млн. км. В 1978 году работа со станцией еще продолжалась.	63,5

№№ п/п	Наименование станции	Дата запуска	Задачи полета и основные сведения о нем	Масса станции, кг
4.	«Пионер-7»	17.VIII.1966	Исследования межпланетного пространства между орбитами Земли и Марса. АМС вышла на гелиоцентрическую орбиту с афелием 168 млн. км. В 1978 году работа со станцией еще продолжалась.	63,5
5.	«Пионер-8»	13.XII.1967	Исследования межпланетного пространства между орбитами Земли и Марса. АМС вышла на гелиоцентрическую орбиту с афелием 163 млн. км. В 1978 году работа со станцией еще продолжалась.	63,5
6.	«Пионер-9»	8.XI.1968	Исследования межпланетного пространства между орбитами Земли и Венеры. АМС вышла на гелиоцентрическую орбиту с перигелием 113 млн. км. В 1978 году работа со станцией еще продолжалась.	67
7.	«Пионер-10»	3.III.1972	Исследования Юпитера с пролетной траектории, а также изучение межпланетного пространства и пояса астероидов. 4.XII.1973 АМС совершила пролет около Юпитера на расстоянии 131 тыс. км. Продолжая удаляться от Солнца, в 1978 году станция находилась между орбитами Сатурна и Урана, и с ней поддерживалась связь. Впервые с помощью космического аппарата получены данные о метеорном веществе в поясе астероидов, о массе, магнитном поле, радиационных поясах, ионосфере и атмосфере Юпитера (на Землю передано около 80 снимков планеты) и о галилеевых спутниках Юпитера.	260
8.	«Пионер-11»	6.IV.1973	Исследования Юпитера и Сатурна с пролетной траектории, а также изучение межпланетного пространства. 3.XII.1974 АМС совершила пролет около Юпитера на расстоянии 42 800 км. В результате маневра в поле тяготения планеты станция перешла на трассу полета к Сатурну. Двигаясь по ней, АМС начала приближаться к Солнцу, а затем снова удаляться от него. 10.VI.1977 станция вторично пересекла орбиту Юпитера. Пролет около Сатурна на минимальном расстоянии приблизительно 25 тыс. км ожидается 1.IX.1979. Получены данные о Юпитере и его спутниках (на Землю передано 25 снимков Юпитера и по одному снимку Ио, Ганимеда и Каллисто), а также о межпланетном пространстве.	260
Станции «Маринер»				
1.	«Маринер-2»	27.VIII.1962	Исследования Венеры с пролетной траектории. 14.XII.1962 АМС прошла на расстоянии 35 тыс. км от планеты. Впервые с помощью космического аппарата проведены исследования Венеры. Получены данные о температуре, давлении и составе атмосферы, уточнена масса планеты.	203
2.	«Маринер-4»	28.XI.1964	Исследования Марса с пролетной траектории. 15.VII.1965 АМС прошла на расстоянии приблизительно 10 тыс. км от планеты. Впервые с помощью космического аппарата проведены исследования Марса. Получены данные об атмосфере и поверхности (на Землю передано 22 снимка) планеты, уточнена ее масса.	261
3.	«Маринер-5»	14.VI.1967	Исследования Венеры с пролетной траектории. 19.X.1967 АМС прошла на расстоянии приблизительно 4000 км от планеты, продолжив исследования, начатые АМС «Маринер-2».	245
4.	«Маринер-6»	25.II.1969	Исследования Марса с пролетной траектории. 31.VI.1969 АМС прошла на расстоянии приблизительно 3400 км от планеты, продолжив исследования, начатые АМС «Маринер-4» (на Землю передано 33 снимка Марса с разрешением до 300 м).	413
5.	«Маринер-7»	27.III.1969	Исследования Марса с пролетной траектории. 5.VIII.1969 АМС прошла на расстоянии приблизительно 3400 км от планеты, продолжив исследования АМС «Маринер-4» и «Маринер-6» (на Землю передано 33 снимка Марса с разрешением до 300 м).	413

№№ п/п	Наименование станции	Дата запуска	Задачи полета и основные сведения о нем	Масса станции, кг
6.	«Маринер-9»	20.V.1971	Исследования Марса с ареоцентрической орбиты. 14.XI.1971 АМС вышла на ареоцентрическую орбиту, став первым искусственным спутником Марса. Высота перицентра начальной орбиты 1397 км, высота апоцентра 17 960 км, наклонение к плоскости экватора Марса 64,35°, период обращения 12 ч 34 мин. Получены данные об атмосфере и поверхности планеты. Передано на Землю 7329 снимков Марса (разрешение до 0,1 км) и его спутников Деймоса и Фобоса. На базе снимков составлена карта планеты. Работа со станцией прекращена 27.X.1972.	998
7.	«Маринер-10»	3.XI.1973	Исследования Венеры и Меркурия с пролетной траектории. 5.II.1974 АМС прошла на расстоянии 5770 км от Венеры и, совершив маневр в поле тяготения планеты, вышла на гелиоцентрическую орбиту, обеспечивающую периодические (каждые 176 суток) пролеты возле Меркурия. Исследования этой планеты проведены трижды: при пролетах 29.III.1974 (на расстоянии приблизительно 750 км), 21.IX.1974 (48 тыс. км) и 16.III.1975 (318 км). Работа со станцией прекращена 23.III.1975. Получены данные об атмосфере Венеры (на Землю передано около 3700 снимков облачного покрова в видимых и ультрафиолетовых лучах), об атмосфере, магнитном поле и поверхности Меркурия (за три пролета возле планеты на Землю передано около 3000 снимков с разрешением до 50 м).	526
Станции «Викинг»				
1.	«Викинг-1»	20.VIII.1975	Исследования Марса с ареоцентрической орбиты и исследования на поверхности планеты с помощью спускаемого аппарата. 19.VI.1976 АМС вышла на начальную ареоцентрическую орбиту с высотой перицентра около 1500 км, высотой апоцентра около 50 тыс. км и наклонением к плоскости экватора Марса 33,4°, период обращения 42 ч 37 мин. 20.VII.1976 спускаемый аппарат совершил мягкую посадку на поверхности планеты. Получены данные об околопланетном пространстве, атмосфере и поверхности Марса, проведены исследования на поверхности Марса, включая телевизионную съемку и анализ грунта, в частности, на присутствие жизни. Орбитальным блоком АМС сделаны снимки Фобоса с близкого расстояния. С орбитальным и посадочным блоками предполагается работать до февраля 1979 года.	3424
2.	«Викинг-2»	9.IX.1975	Задачи, аналогичные задачам АМС «Викинг-1». АМС «Викинг-2» 7.VIII.1976 вышла на начальную ареоцентрическую орбиту с высотой перицентра около 1500 км, высотой апоцентра около 35 тыс. км и наклонением к плоскости экватора Марса 50°, период обращения 27 ч 24 мин. 3.IX.1976 спускаемый аппарат совершил мягкую посадку на поверхности планеты. Проведены исследования Марса, аналогичные исследованиям АМС «Викинг-1». Орбитальным блоком станции сделаны снимки Деймоса с близкого расстояния. 25.VII.1978 прекращена работа с орбитальным блоком; с посадочным блоками предполагается работать до февраля 1979 года.	3424
Станции «Вояджер»				
1.	«Вояджер-1»	5.IX.1977	Исследования Юпитера, Сатурна и их спутников с пролетной траектории. АМС должна сблизиться с Юпитером в марте 1979 года, с Сатурном – в ноябре 1980 года.	798
2.	«Вояджер-2»	20.VIII.1977	Исследования Юпитера, Сатурна (возможно, также Урана) и их спутников с пролетной траектории. АМС должна сблизиться с Юпитером в июле 1979 года, с Сатурном – в августе 1981 года, с Ураном (если удастся направить АМС к этой планете) – в январе 1986 года.	798

№№ п/п	Наименование станции	Дата запуска	Задачи полета и основные сведения о нем	Масса станции, кг
Станции «Гелиос»				
1.	«Гелиос-1»	10.XII.1974	Исследования околосолнечного пространства. АМС выведена на гелиоцентрическую орбиту с перигелием около 0,3 а.е. При первом прохождении перигелия подошла к Солнцу на 46,5 млн. км, ближе, чем какая-либо другая АМС. Получены данные о характеристиках околосолнечного пространства (метеорные частицы, излучения и пр.). В 1978 году работа со станцией продолжалась.	370
2.	«Гелиос-2»	15.I.1976	Задачи, аналогичные задачам АМС «Гелиос-1». АМС выведена на гелиоцентрическую орбиту с перигелием около 0,3 а.е. При первом прохождении перигелия подошла к Солнцу на 43,4 млн. км. В 1978 году работа со станцией продолжалась.	

**СТАТЬИ И ЗАМЕТКИ О СОВЕТСКИХ ПИЛОТИРУЕМЫХ
КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ И ПОДГОТОВКЕ
КОСМОНАВТОВ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ
В «ЗЕМЛЕ И ВСЕЛЕННОЙ» В 1965 — 1978 ГОДАХ**

I. СТАТЬИ

			Ребров М. Ф.	Байконур — Канаверал: единая программа	1975 г., № 3, с. 21—27
Алексеев Л. Г., Павлов Ю. С., Феокистов К. П., Бачманов А. А.	Орбитальная станция «Салют-6» Космический эксперимент «Радуга»	1978 г., № 5, с. 8—12	Ребров М. Ф.	«Чайка»	1978 г., № 3, с. 38—42
Васильев М. П.	От первого полета человека в космос к орбитальным станциям	1977 г., № 2, с. 10—15	Титов Г. С.	Юрий Гагарин был первым	1971 г., № 2, с. 6—9
Гагарин Ю. А.	Чудо века — реальная действительность	1974 г., № 2, с. 2—5	Феокистов К. П.	Развитие советских пилотируемых космических кораблей	1970 г., № 2, с. 12—20
Горохов А. И.	Первая экспедиция на «Салют-4»	1971 г., № 2, с. 4—5	Феокистов К. П.	Орбитальная станция «Салют»	1972 г., № 2, с. 2—4
Гуровский Н. Н., Егоров А. Д., Демин Л. С.	Стать космонавтом нелегко Труд космонавта	1975 г., № 4, с. 24—28 1978 г., № 2, с. 11—15 1977 г., № 2, с. 4—9	Хачатурьянц Л. С.	Международная орбитальная лаборатория	1975 г., № 2, с. 14—20
Каманин Н. П.	Первый в мире орбитальный	1967 г., № 2, с. 2—7	Хрунов Е. В.	Метеорология и полеты советских пилотируемых космических кораблей	1971 г., № 6, с. 2—7
Лазарев А. И.	Десять лет спустя	1975 г., № 3, с. 28—31	Хрунов Е. В., Хачатурьянц Л. С.	От первого полета человека в космос к профессии «космонавт-исследователь»	1973 г., № 2, с. 3—6
Леонов А. А.	Экспериментальный полет «Аполлон» — «Союз»	1974 г., № 2, с. 13—17	Хрунов Е. В.	«Союз» и «Аполлон» — совместные эксперименты	1973 г., № 6, с. 14—18
Максимачев Б. А.	Космонавты в Звездном доме	1978 г., № 2, с. 16—19	Шаталов В. А., Береговой Г. Т.	Достижения и перспективы советских пилотируемых космических полетов	1977 г., № 5, с. 2—7
Никитин С. А.	Первый международный экипаж в космосе	1978 г., № 5, с. 17—23			
Николаев А. Г.	Космонавты готовятся на Земле	1978 г., № 2, с. 5—10			
Петров Б. Н.	Десятилетие подвига Гагарина	1971 г., № 2, с. 2—3			

II. ЗАМЕТКИ

Беспримерный подвиг — день за днем	1971 г., № 4, с. 2—3	Полет «Союза-14»: день за днем	1974 г., № 5, с. 2—3
В полете «Союз-21»	1976 г., № 5, с. 2—3	Полет космического корабля «Союз-15»	1974 г., № 5, 2-я стр. обложки
Задание Родины выполнили!	1975 г., № 5, с. 2—3	Полет «Союза-16»	1975 г., № 1, с. 2—3
Космодром — Космос — Красная площадь	1969 г., № 2, с. 12—13	Полет «Союза-22»	1976 г., № 6, с. 3
На орбите научная пилотируемая станция «Салют-4»	1975 г., № 1, 2-я стр. обложки	Полет «Союза-23»	1977 г., № 1, с. 3
На орбите «Салют-6»	1978 г., № 1, 2-я и 3-я стр. обложки; № 2 с. 2—4; № 3, с. 2—5, 3-я стр. обложки; № 5, с. 2—5; № 6, с. 2—5	Программа работ на орбитальной научной станции «Салют-3» успешно выполнена	1974 г., № 6, 2-я стр. обложки, с. 17
Новый шаг в покорении космического пространства	1969 г., № 6, 2-я стр. обложки	Работа космонавтов А. А. Губарева и Г. М. Гречко на станции «Салют-4»	1975 г., № 2, с. 2—4
Первая космическая экспедиция	1965 г., № 1, с. 9—10	Работа космонавтов П. И. Климук и В. И. Севастьянова на станции «Салют-4»	1975 г., № 2, с. 2—5
Полет советского космического корабля «Союз-9»	1970 г., № 4, с. 3	Работа космонавтов В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазкова — второго экипажа станции «Салют-5»	1977 г., № 3, с. 2—3
Полет космической системы «станция — корабль»	1971 г., № 3, 2-я стр. обложки	«Союз» — «Аполлон»: программа выполнена	1975 г., № 2, 2-я стр. обложки
Полет космического корабля «Союз-13»	1974 г., № 1, 2-я стр. обложки	«Союз-21»: успешное завершение программы полета	1976 г., № 6, с. 2—3
		Триумфальное достижение советской науки и техники	1969 г., № 1, 2-я стр. обложки
		Успешный полет советских космических кораблей «Союз-2» и «Союз-3»	1968 г., № 6, 2-я стр. обложки
		Человек выходит в космический океан	1965 г., № 2, с. 2—4

НОВЫЕ КНИГИ

КОСМИЧЕСКАЯ ИНДУСТРИЯ

В 1978 году издательство «Московский рабочий» выпустило книгу А. Ф. Евича «Индустрия в космосе». В предисловии к книге академик Б. Е. Патон выражает уверенность, что большой интерес вызовут у широкого круга читателей многочисленные проблемы космической технологии. Но прежде чем начать рассказ о них, автор напоминает читателям об уникальных условиях, господствующих в космосе (вакуум, невесомость, радиация), знакомит с основами «физики на орбите», посвящая отдельные параграфы конвекции, диффузии и поверхностному натяжению, рассказывает о моделировании «космических условий» в

земных и летающих лабораториях (самолетах).

Космические эксперименты в области технологии показаны на примерах деятельности советских и американских космонавтов, работавших на космическом корабле «Союз-6», орбитальных станциях «Скайлэб» и «Салют», а также во время осуществления совместного полета «Союз» — «Аполлон».

В главе «Литейный цех над Землей» содержится немало интересных сведений об адгезионном литье в космосе, о возможных способах изготовления в космосе шариков и роликов для подшипников, о получении в космосе неметаллов и многослойных материалов (композитов).

Глава «Другие материалы, кото-

рых еще не было» посвящена выращиванию кристаллов в невесомости, получению чистых веществ и стекла в космосе.

Не забыты и проблемы биологии и фармакологии. Особое внимание в книге уделено системам электро- и теплообеспечения технологических экспериментов в космосе, а также специальному оборудованию, инструментам и агрегатам, которые необходимы для выполнения производственных процессов и включаются в экипировку космических кораблей и орбитальных станций.

Заключительная глава книги «Эфирные поселения» знакомит с некоторыми проектами космических городов.

«ИСКОПАЕМЫЕ» ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ

В 1978 году издательство «Мысль» выпустило книгу известного полярного исследователя-зоолога С. М. Успенского «Живущие во льдах». Она рассказывает о природе Арктики и ее животном мире, о редких и исчезающих видах полярных обитателей — таких, как овцебык, розовая чайка, гренландский кит.

Арктика быстро осваивается людьми, подчеркивает автор во введении, здесь развивается промышленность, растет население. И человек в этих краях, как нигде, нуждается в общении с природой. А между тем северная природа очень уязвима, и наиболее слабое ее звено — животный мир. Поэтому судьба некоторых четвероногих и пернатых «северян» особенно тревожит, их даже образно называют теперь «ископаемыми завтрашнего дня».

Из книги читатель узнает, почему за несколько последних десятилетий так резко изменился животный мир Арктики. Кроме естественных причин большую роль сыграла хозяйственная деятельность человека. Раз-

работка месторождений полезных ископаемых, охотничий промысел, рыболовство, распашка земель, загрязнение водоемов — все это вызывает глубокие и часто необратимые изменения в фауне Арктики.

Автор в увлекательной форме рассказывает о жизни и повадках белых медведей, птиц, моржей, оленей и других «жителей» арктических просторов. Среди обитателей северных широт немало друзей человека. Одни селятся вблизи городов, поселков и стойбищ — ведь возле людей легче прокормиться. Другие трудно идут на контакт с человеком.

Много внимания в книге уделено охране природы Арктики и северных животных. Заповедники и заказники, правила охоты в полярных областях страны, международные соглашения и конвенции — все эти мероприятия способствуют спасению и сохранению «братьев наших меньших» на Крайнем Севере. Книга «Живущие во льдах» иллюстрирована прекрасными цветными фотографиями. Она предназначена для широкого круга читателей.

Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2.

Телефоны: 227-07-45; 227-02-45

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

Номер оформили: А. Г. Калашникова, В. И. Кноп, А. Н. Ковалев, Е. К. Тенчурина, Г. П. Ушакова

Корректоры: В. А. Володина, Т. Н. Морозова

Сдано в набор 27/XI 1978 г. Подписано к печати 31/I 1979 г. Т-02639 Формат бум. 84×108¹/₁₆ Высокая печать. Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 10,0 Бум. л. 3,0. Тираж 53 000 экз. Цена 50 коп. Заказ 1170.

2-я типография изд-ва «Наука» 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор
доктор физико-математических наук
Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Ю. Д. БУЛАНЖЕ
Зам. главного редактора
кандидат педагогических наук
Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР
Г. А. АВСЮК
Доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ
Кандидат физико-математических наук
В. А. БРОНШТЭН
Доктор юридических наук
В. С. ВЕРЕЩЕТИН
Кандидат технических наук
Ю. Н. ГЛАЗКОВ
Доктор технических наук
А. А. ИЗOTOB
Доктор физико-математических наук
И. К. КОВАЛЬ
Доктор географических наук
В. Г. КОРТ
Доктор физико-математических наук
Б. Ю. ЛЕВИН
Кандидат физико-математических наук
Г. А. ЛЕЙКИН
Академик
А. А. МИХАЙЛОВ
Доктор физико-математических наук
Г. С. НАРИМАНОВ
Доктор физико-математических наук
И. Д. НОВИКОВ
Доктор физико-математических наук
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ
Доктор физико-математических наук
Г. Н. ПЕТРОВА
Доктор географических наук
М. А. ПЕТРОСЯНЦ
Доктор геолого-минералогических наук
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
Ю. А. РЯБОВ
Доктор физико-математических наук
Г. М. ТОВМАСЯН
Доктор технических наук
К. П. ФЕОКТИСТОВ

Спутник связи «Горизонт»

В соответствии с программой дальнейшей отработки и развития систем связи и телевизионного вещания с использованием искусственных спутников Земли 19 декабря 1978 года в Советском Союзе осуществлен запуск нового спутника связи «Горизонт».

Спутник выведен на орбиту с начальными параметрами:

максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) — 48 365 км;

минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 22 581 км;

период обращения вокруг Земли — 23 часа 40 минут;

наклонение орбиты — 11,3°.

На спутнике «Горизонт» установлена усовершенствованная многоствольная бортовая ретрансляционная аппаратура, предназначенная для обеспечения телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи телевизионных программ.

Через спутники связи «Горизонт» плани-

руется в 1980 году обеспечить трансляцию телевизионных передач из Советского Союза с мест проведения спортивных состязаний XXII Олимпийских игр.

Кроме аппаратуры связи и телевидения, на спутнике имеются: трехосная система точной ориентации на Землю, система энергоснабжения с независимым наведением и слежением солнечных батарей за Солнцем, система терморегулирования, радиотелеметрическая система для передачи на Землю данных о работе бортовых систем, радиосистема для точного измерения параметров орбиты и управления спутником, система коррекции орбиты.

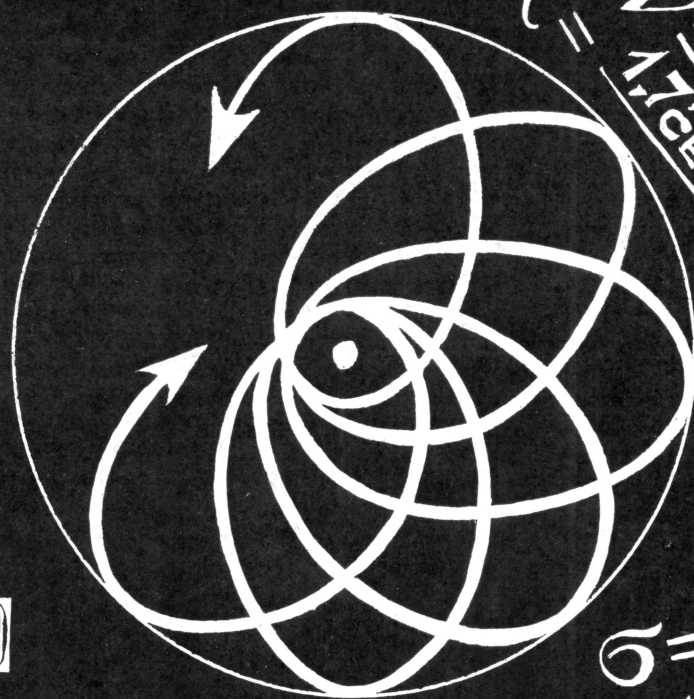
Установленная на спутнике «Горизонт» аппаратура работает нормально. Командно-измерительный комплекс осуществляет управление спутником. Испытания связной и телевизионной аппаратуры спутника будут проводиться в соответствии с намеченной программой.

(По материалам сообщений ТАСС)

ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"



ЦЕНА 50 КОП ИНДЕКС 70336

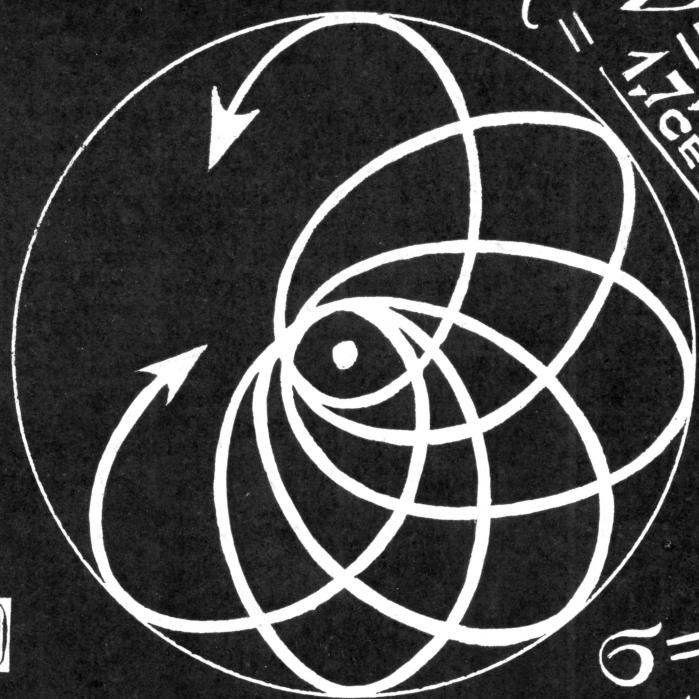


$$\begin{aligned} \frac{V_0 - V}{V_0} &= \frac{KM}{c^2 r} ; \quad V = \frac{V_0}{1.7 \text{ секунды}} (1 - \frac{\varphi}{c^2}) ; \quad \varphi = \frac{\omega^2 r^2}{2} \\ V &= V_0 (1 - \frac{1}{2} \frac{\omega^2 r^2}{c^2}) \\ R_m^2 &= \frac{2}{\pi \rho} ; \quad \frac{2}{\pi} = 1,08 \times 10^{27} ; \quad \rho - \text{средняя плотность} \\ \text{УСКОРЕНИЕ} &= \frac{\text{ТЯЖЕЛАЯ МАССА}}{\text{ИНЕРТНАЯ МАССА}} \times (\text{НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ}) \end{aligned}$$

ЦЕНА 50 КОП ИНДЕКС 70336



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“



$$V = V_0 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\omega^2 r^2}{c^2}\right)$$

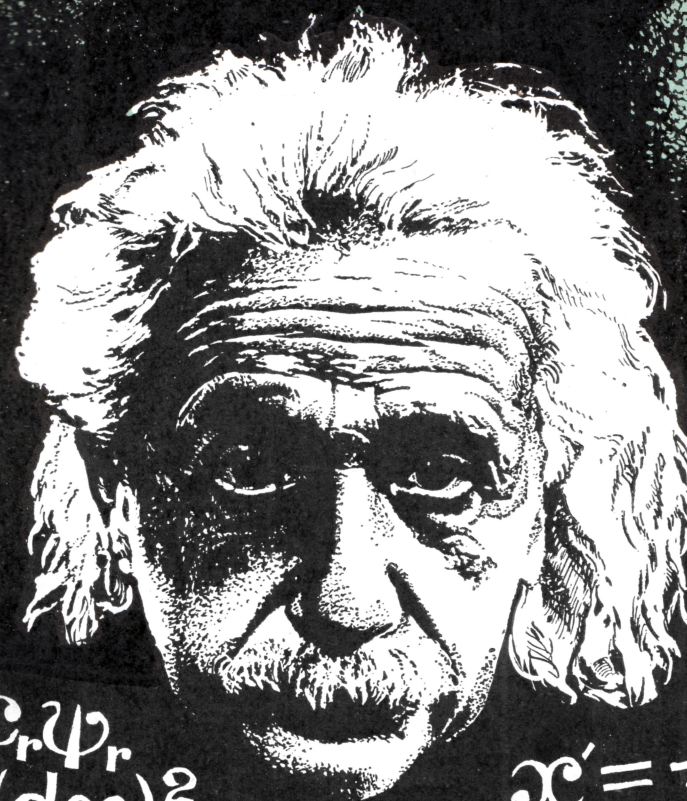
$$\frac{V_0 - V}{V_0} = \frac{KM}{c^2 r}, \quad V = V_0 \left(1 - \frac{\varphi}{c^2}\right); \quad \varphi = \frac{\omega^2 r^2}{2} + 24\pi^3 a^2 \frac{T^2 c^2 (1 - e^2)}{2}; \quad \psi = \sum c_r \psi_r$$

$$R_m^2 = \frac{2}{\alpha \rho}; \quad \frac{2}{\alpha} = 1,08 \times 10^{27}; \quad \rho - \text{ср.пл.л.}$$

$$\sigma = 1; \quad \nabla ds^2 = \sum (d\alpha)^2$$

$$\text{(УСКОРЕНИЕ)} = \frac{\text{ТЯЖЕЛАЯ МАССА}}{\text{ИНЕРТНАЯ МАССА}} \times (\text{НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ ТЯЖЕСТИ})$$

$$E = mc^2; \quad M_k = mc^2 / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}; \quad W = \frac{v}{1 + \dots}$$



21979 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·